



Instituto Politécnico  
de Castelo Branco  
Escola Superior  
de Tecnologia

# **AMBIENTE VIRTUAL DE REDES ORIENTADO AO TREINO E EDUCAÇÃO**

Pedro José Mendes Nunes Duarte

## **Orientadores**

Professor Doutor Osvaldo Arede dos Santos

Professor Doutor Hugo Rafael de Almeida e Marques

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento de Software e Sistemas Interativos, realizada sob a orientação científica do Professor Adjunto Doutor Osvaldo Arede dos Santos e Professor Adjunto Doutor Hugo Rafael de Almeida e Marques, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

**Novembro de 2018**



## Composição do júri

### Presidente do júri

Professor Doutor Arlindo Ferreira da Silva (Presidente)

Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco - IPCB

### Vogais

Professor Doutor Rui Jorge Henriques Calado Lopes (Arguente)

Professor Auxiliar do Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação do ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa

Professora Doutora Mónica Isabel Teixeira da Costa (Arguente)

Professora Adjunta da Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco - IPCB

Professor Doutor Osvaldo Arede dos Santos (Orientador)

Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco - IPCB





## Agradecimentos

Na infância os nossos ídolos são, tradicionalmente, personagens icónicas e distantes dos filmes ou livros de banda desenhada: um super-herói inigualável e inatingível que muda o que de mal está no mundo. Na minha vida pessoal, profissional e académica tive, ao contrário desses sonhos de infância, a honra, prazer e privilégio de crescer e encontrar pessoas que contribuíram positivamente para o meu carácter, fomentando o desejo pelo aprender, e sobretudo, desafio. Todos esses elementos contribuíram para esta jornada, percorrida com muito gosto e dedicação.

Agradeço aos meus pais por todo carinho, valores e educação que me inculcaram, não esquecendo o bicho da informática e redes: ainda permanece a recordação da instalação da rede *ethernet* coaxial em casa, ligando duas divisões, no “longínquo” ano de 1998.

Ao meu irmão, ambicioso e motivador, que contribuiu como um ídolo para todo o meu percurso pessoal e profissional.

À Helena, pelo imensurável apoio emocional em todo este percurso, ajuda e discussão dos vários tópicos que são apresentados nesta dissertação. Embora fora da sua área, esforçou-se, com gosto, por entender e contribuir para o meu sucesso.

Aos professores que me receberam no CETET na ESTCB (em especial ao docente de redes) que, não sabendo, fomentaram um enorme gosto pela área técnica e de redes de computadores, que, em última análise, culminou nesta dissertação.

Um agradecimento especial aos serviços informáticos do Instituto Politécnico de Castelo Branco, por terem gentilmente cedido o armazenamento, infraestrutura, suporte e o basilar servidor Cisco utilizado neste projeto.

Por último, aos meus orientadores uma gratidão especial: o acompanhamento, tempo pessoal despendido, espírito crítico positivo, sugestões e correções durante todo o percurso desta dissertação. A forma de expor e perspetivar as várias temáticas foi capital para conclusão deste projeto.

A todos, o meu mais humilde obrigado!



### Nota do autor sobre ortografia

Esta dissertação foi escrita seguindo as atuais regras da língua Portuguesa, existindo certos termos originalmente de língua Inglesa que já existem no dicionário Português. Exemplos disso são as palavras “router” e “firewall”. Outros termos como “switch” e “hypervisor” apenas existem na língua Inglesa, sendo escritos em itálico.

Para a escrita desta dissertação o autor baseou-se nos dicionários online Infopedia (<https://www.infopedia.pt>) e Priberam (<https://dicionario.priberam.org>).

### Aviso Legal

O autor deste documento oferece a informação contida neste, desconsiderando se o leitor tem ou não conhecimento sobre questões legais associadas aos assuntos expostos.

O autor não suporta de forma nenhuma pirataria e não será em caso algum responsável por danos (incluindo, mas não limitado a danos, falhas, falha de dados ou lucros) que advenham da utilização de elementos descritos nesta dissertação.



*The only constant in the technology industry is change.*

“A única constante na indústria tecnológica é a mudança” (tradução livre)

Marc Benioff, fundador da Salesforce, 2013

*Less is more*

“Menos é mais” (tradução livre)

Ludwig Mies van der Rohe, arquitecto, 1947

*I've... learned that it's a hell of a lot easier to just build something than to try to convince somebody who doesn't believe it's possible.*

“Aprendi... que é de veras mais fácil construir algo do que tentar convencer alguém que não acredita esse algo ser possível” (tradução livre)

Paul Baran, um dos inventores da rede de comutação de pacotes, 1960



## Resumo

No ensino da informática, telecomunicações e redes de computadores são utilizados recursos como computadores, servidores, routers, *switches*, etc. a fim de fornecer uma experiência prática, semelhante à que os alunos encontrarão num cenário real de implementação. O objetivo é reproduzir em ambiente acadêmico, da melhor forma possível, este cenário que emula um ambiente de produção empresarial. Os equipamentos referidos, para além de caros na aquisição e manutenção, possuem rápida desatualização devido à evolução tecnológica.

No percurso do estudo de redes informáticas, o autor deparou-se com estes problemas, principalmente os custos associados à aquisição de equipamentos aptos a servir para simulações e reprodução de cenários reais. Embora haja material usado/recondicionado para venda em sites de leilões online, não era exequível nem prática a aquisição desse equipamento devido aos custos e rápida desatualização. Após investigar alternativas em vários simuladores que já conhecia, não só de utilização no seu percurso académico, mas também de pesquisa online, o autor tomou conhecimento do software de simulação e virtualização GNS3. Depois da instalação num computador ou servidor, este programa *open-source* permite, em síntese, simular/emular equipamentos informáticos de forma prática e com custos relativamente baixos. É muito utilizado nesta área tecnológica, não só na educação superior e certificações técnicas, mas também por profissionais do ramo que pretendem simular a rede empresarial e testar previamente implementações a fazer no ambiente de produção. Permite a integração de um leque muito amplo de software, sistemas operativos e programas de virtualização. Outra das suas vantagens é possibilitar a ligação a redes externas sem a necessidade de ter à disposição equipamentos profissionais/específicos de redes.

Nesta dissertação, com o objetivo de redução de custos, aumento de flexibilidade de sistema, alcance de outras oportunidades de negócio, o autor propõe criar um ambiente virtual de redes orientado ao treino e educação, que reduz todos os equipamentos físicos geralmente utilizados numa sala de aula a uma única plataforma que funciona na forma de meio virtual. Pretende-se que cada aluno/grupo tenha um espaço virtual onde executa todos os trabalhos que pratica na sala de aula ou laboratório de redes, com a diferença na utilização de elementos virtualizados e simulados em vez de físicos. Neste ambiente de virtualização será também considerada uma ligação a redes externas para que pessoas autorizadas se possam ligar remotamente via Internet à sua bancada de trabalho.

Em síntese, este projeto propõe a virtualização de um laboratório de redes para utilização prática e funcional no ensino.

## Palavras chave

Virtualização, b-learning, ensino, redes de computadores, simulação, emulação.





## **Abstract**

It is common in informatics, telecommunications and computer networks education to use gear such as computers, servers, routers or switches to provide a practical/hands-on experience to students. The obvious goal is to reproduce, as close as possible, a production environment scenario or corporate datacenter. Besides the fact that these resources are expensive when buying and maintaining, they also become outdated very quickly due to the fast evolution of computer networks and vertiginous growing of informatic applications.

During his own studies of computer networks, the author himself faced these issues, especially when it comes to buying gear to satisfy the need for simulating live networks. Although there are used/reconditioned materials around auction sites, the acquisition of such equipment is not practical or doable due to costs and fast outdatedness. After searching for alternatives in various already known simulators, not just from college but also online search, the author found the simulation and virtualization software GNS3. This open-source software, after installation on a computer or server allows, in short, the simulation of IT scenarios in a practical and very cheap way. It is widely used in the IT business, not only in higher college degrees or technical certifications, but also by professionals that need to simulate their live corporate network to rehearse integrations/modifications in a controlled environment before going for the live environment. It allows for the integration of a wide range of software, operating systems and virtualization programs. Another major feature is the possibility of connecting this environment to live networks without the need for professional/specific network elements.

In this dissertation, regarding operational costs reduction, system flexibility increase, widening of business opportunity, the author suggests the creation of a computer network virtual environment for training and education, reducing the number of equipment used in a class room to a single platform that works in the shape of a virtual environment. Each student/group shall have a virtual space to execute all the practical work usually done in the classroom or computer networks laboratory, but with all elements virtualized instead of physical. This virtual setup also considers a connection to the Internet, so authorized persons can connect remotely to the respective workbench.

In a summary, this project proposes to virtualize a computer networks laboratory for practical and functional use in education.

## **Keywords**

Virtualization, b-learning, education, computer networks, simulation, emulation.



# Índice geral

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	CONTEXTO E MOTIVAÇÃO	1
1.1.1	<i>O Ensino da informática / tecnologias de Informação</i>	2
1.1.2	<i>Vertentes deste ensino</i>	2
1.1.3	<i>Materiais e equipamentos</i>	3
1.1.3.1	<i>Elementos considerados num laboratório de redes</i>	5
1.1.4	<i>Desatualização dos sistemas</i>	6
1.1.5	<i>Custos dos sistemas</i>	7
1.1.5.1	<i>Custos fixos</i>	7
1.1.5.2	<i>Custos variáveis</i>	7
1.1.6	<i>Preço dos sistemas</i>	7
1.1.7	<i>Outros pontos importantes</i>	8
1.1.8	<i>Considerações</i>	9
1.2	ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO TRABALHO	10
1.2.1	<i>Vantagens e características de um simulador de redes</i>	10
1.2.1.1	<i>Redução de custos do sistema</i>	11
1.2.1.2	<i>Ensino remoto</i>	11
1.2.2	<i>Quantificando os objetivos</i>	13
1.2.3	<i>Análise SWOT</i>	16
1.3	EVOLUÇÃO TEMPORAL DA REALIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	17
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
<b>2</b>	<b>ESTADO DA ARTE</b>	<b>19</b>
2.1	CONCEITOS	19
2.1.1	<i>Virtualização</i>	19
2.1.1.1	<i>Tipos de virtualização - hypervisor</i>	19
2.1.1.2	<i>Type 1 hypervisor VS Type 2 hypervisor</i>	20
2.1.1.3	<i>Hypervisor tipo 1</i>	21
2.2	TRABALHO RELACIONADO	23
2.3	TECNOLOGIAS EXISTENTES	28
2.3.1	<i>Soluções hypervisor tipo 1</i>	28
2.3.1.1	<i>Fatores relevantes na escolha do hypervisor</i>	30
2.3.2	<i>Simuladores de redes</i>	30
2.3.2.1	<i>Fatores relevantes na escolha do simulador de redes</i>	35
2.4	AMBIVERT	37
2.5	SÍNTESE	38
<b>3</b>	<b>ARQUITETURA PROPOSTA</b>	<b>39</b>
3.1	REQUISITOS DO SISTEMA	39
3.2	FUNCIONALIDADES DO SISTEMA	42
3.3	ARQUITETURA DO SISTEMA	46
3.3.1	<i>Ligação ao AMBIVeRT</i>	46
3.3.2	<i>Máquinas virtuais utilizadas</i>	47
3.3.3	<i>Domínio dos alunos</i>	48
3.3.3.1	<i>Domínio dos alunos: VM01, VM02</i>	50
3.3.3.2	<i>Domínio dos alunos: VM03 network emulator</i>	51
3.3.4	<i>Domínio dos administradores</i>	51

3.3.4.1	<i>Domínio dos administradores: acesso</i> .....	51
3.3.4.2	<i>Domínio dos administradores: VM02 – servidor acesso</i> .....	53
3.3.4.3	<i>Domínio dos administradores: VM01 – firewall WAN</i> .....	54
3.3.4.4	<i>Domínio dos administradores: VM03 – servidor de gestão</i> .....	57
3.3.4.5	<i>Domínio dos administradores: VM04, VM05</i> .....	58
3.4	SÍNTESE .....	59
<b>4</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	<b>60</b>
4.1	TECNOLOGIAS UTILIZADAS .....	60
4.1.1	<i>Hardware e rede externa</i> .....	60
4.1.2	<i>Software de servidor</i> .....	61
4.1.2.1	<i>Hypervisor: VMWare vSphere</i> .....	61
4.1.2.2	<i>Simulador/emulador de redes: GNS3</i> .....	63
4.1.2.3	<i>Firewall</i> .....	65
4.1.2.4	<i>Access server</i> .....	66
4.1.2.5	<i>Management server</i> .....	67
4.1.2.6	<i>Monitorização da infraestrutura</i> .....	67
4.1.2.7	<i>Domínio dos alunos: VM01, VM02</i> .....	68
4.1.3	<i>Software de cliente</i> .....	69
4.1.3.1	<i>VPN para acesso ao sistema</i> .....	69
4.1.3.2	<i>Software de acesso remoto</i> .....	70
4.2	SOLUÇÃO DESENVOLVIDA .....	73
4.2.1	<i>Otimização e tolerância a falhas</i> .....	73
4.2.2	<i>Segurança e controlo</i> .....	75
4.2.3	<i>Acesso à bancada</i> .....	77
4.2.4	<i>Preparação do emulador</i> .....	78
4.3	SÍNTESE .....	82
<b>5</b>	<b>TESTES</b> .....	<b>83</b>
5.1	INTEGRAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DE NOVA BANCADA / WORKBENCH .....	83
5.1.1	<i>Hypervisor - deploy do OVF no hypervisor</i> .....	83
5.1.2	<i>Hypervisor - recolha de endereços MAC</i> .....	85
5.1.3	<i>Firewall - Mapeamento IP &lt;-&gt; MAC</i> .....	86
5.1.4	<i>Primeiro acesso às bancadas virtuais</i> .....	88
5.1.5	<i>Adicionando novas bancadas ao Zabbix</i> .....	90
5.2	CENÁRIO DE TESTES .....	92
5.3	TESTES DE FUNCIONALIDADES E DESEMPENHO .....	93
5.3.1	<i>Teste em vazio</i> .....	93
5.3.1.1	<i>Conclusões</i> .....	95
5.3.2	<i>Teste de 8 bancadas - cenário CCNA, arranque limpo</i> .....	95
5.3.2.1	<i>Conclusões</i> .....	98
5.3.3	<i>Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque não-limpo</i> .....	99
5.3.3.1	<i>Conclusões</i> .....	103
5.3.4	<i>Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque limpo</i> .....	104
5.3.4.1	<i>Conclusões</i> .....	108
5.3.5	<i>Teste de 8 bancadas - Firewall 2xASA, Windows 7 + tpgen, arranque limpo</i> .....	108
5.3.5.1	<i>Conclusões</i> .....	112
5.3.6	<i>Testes de sobrecarga do sistema</i> .....	113
5.4	ANÁLISE CRÍTICA .....	116
5.4.1	<i>GNS3</i> .....	116

5.4.2	<i>Plataforma e Hypervisor</i> .....	116
5.4.3	<i>Experiência de utilização</i> .....	117
5.5	SÍNTESE .....	119
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO</b> .....	<b>120</b>
6.1	EXPERIÊNCIA EM SALA DE AULA.....	120
6.2	CONCLUSÕES .....	122
6.3	TRABALHO FUTURO .....	124
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>126</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>131</b>
I.	INTEL® XEON® PROCESSOR X5650 DATASHEET .....	131
II.	LISTA DE MÁQUINAS VIRTUAIS NO SISTEMA .....	132
III.	CARACTERÍSTICAS DAS MÁQUINAS VIRTUAIS .....	133
IV.	LISTA DOS VSWITCHS NO ESXI.....	134
V.	LISTA DE REGRAS NA FIREWALL .....	134

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> - Utilizadores da Internet no mundo (Internetlivestats.com, 2018) .....	1
<b>Figura 2</b> - Sistemas Operativos.....	4
<b>Figura 3</b> - Linguagens de Programação (OnlineDeshDuniya, 2018) .....	4
<b>Figura 4</b> - Fabricantes de equipamentos de redes .....	4
<b>Figura 5</b> - Referências do mundo da virtualização.....	5
<b>Figura 6</b> - Frente Cisco 2900 (Cisco, 2018).....	5
<b>Figura 7</b> - Frente Cisco 1800 (Nhprice.com, 2018).....	5
<b>Figura 8</b> - Computador Pessoal (Globalnettech.com, 2018) .....	5
<b>Figura 9</b> - Representação de aula de laboratório.....	6
<b>Figura 10</b> - Exemplo de um ambiente gráfico de simuladores de redes.....	11
<b>Figura 11</b> - Representação da transição.....	11
<b>Figura 12</b> - Representação do acesso remoto ao sistema.....	12
<b>Figura 13</b> - Representação simbólica dos elementos envolvidos no sistema virtual.....	14
<b>Figura 14</b> - Representação da transição.....	14
<b>Figura 15</b> - Arquitetura tradicional VS virtualizada (Rouse and Kirsch, 2016).....	19
<b>Figura 16</b> - Type 1 Hypervisor VS Type 2 Hypervisor.....	20
<b>Figura 17</b> - Exemplo de Hypervisor tipo 2: VMWare Workstation.....	21
<b>Figura 18</b> - Funcionamento do sistema virtualizado e hypervisor ( <i>Onisick, 2010</i> ).....	22
<b>Figura 19</b> - Cisco Learning Labs.....	23
<b>Figura 20</b> - SharonTools online lab .....	24
<b>Figura 21</b> - EVE-NG cloud.....	24
<b>Figura 22</b> - GNS3 academy .....	25
<b>Figura 23</b> - Internetwork Training .....	25
<b>Figura 24</b> - NDG NETLAB+ .....	26
<b>Figura 25</b> - Cisco Packet Tracer .....	31
<b>Figura 26</b> - Cisco VIRL (Flackbox.com, 2018).....	32
<b>Figura 27</b> - EVE-NG (EVE-NG, 2017).....	33
<b>Figura 28</b> - Exemplos de topologias de rede no simulador GNS3.....	34
<b>Figura 29</b> - Representação de um aluno numa aula de redes (Nap IT, 2018) .....	39
<b>Figura 30</b> - Representação do acesso remoto via Internet.....	42
<b>Figura 31</b> - Representação enunciado VS ficheiros de simulação.....	43
<b>Figura 32</b> - Exemplo de um ambiente virtual "em branco" .....	43
<b>Figura 33</b> - Exemplo de um ambiente virtual com uma topologia montada.....	44
<b>Figura 34</b> - Exemplo de um ambiente virtual configurado e em funcionamento com algumas ferramentas de deteção de problemas .....	44
<b>Figura 35</b> - Exemplos de 2 cenários de análise de tráfego com a ferramenta Wireshark (Wiki.wireshark.org, 2006).....	45
<b>Figura 36</b> - Esquema de representação da ligação ao AMBIVeRT via Internet e Intranet .....	46
<b>Figura 37</b> - Esquema físico de representação da ligação ao AMBIVeRT .....	46
<b>Figura 38</b> - Representação das VM no servidor AMBIVeRT a funcionar sob o hypervisor... ..	47
<b>Figura 39</b> - Rede interna das máquinas virtuais.....	48
<b>Figura 40</b> - Domínio dos alunos, bancada 1 .....	49
<b>Figura 41</b> - Representação de funcionamento das VLANs.....	50
<b>Figura 42</b> - Ilustração da VM03 .....	51

<b>Figura 43</b> - Domínio dos administradores, rede acesso, camada 2.....	52
<b>Figura 44</b> - Domínio dos administradores, rede acesso, camada 3 - IP.....	52
<b>Figura 45</b> - Domínio dos administradores, VM02 – Servidor Acesso.....	53
<b>Figura 46</b> - Domínio dos administradores VM02 – Servidor Acesso, camada 3 - IP.....	53
<b>Figura 47</b> - Domínio dos administradores, VM01 – Firewall.....	54
<b>Figura 48</b> - Domínio dos administradores VM01 – Firewall, IP + VLAN.....	54
<b>Figura 49</b> - Utilização de VLAN e sub-redes distintas na firewall .....	54
<b>Figura 50</b> - Exemplo mapeamento PAT dinâmico.....	55
<b>Figura 51</b> - Exemplo reencaminhamento de portas / port forwarding.....	56
<b>Figura 52</b> - Domínio dos administradores, VM03 - Servidor de gestão .....	57
<b>Figura 53</b> - Domínio dos administradores, VM04, VM05.....	58
<b>Figura 54</b> - Cisco Server parte frontal.....	60
<b>Figura 55</b> - Cisco Server parte traseira + interior .....	60
<b>Figura 56</b> - Interior do servidor.....	60
<b>Figura 57</b> - VMWare Knowledge Base.....	62
<b>Figura 58</b> - Exemplo do software GNS3 “cozinhado” para VMWare vSphere ESXi.....	62
<b>Figura 59</b> - Exemplo VMWare vSphere networking.....	62
<b>Figura 60</b> - GNS3 appliances .....	63
<b>Figura 61</b> - GNS3 back-end e front-end.....	64
<b>Figura 62</b> - GNS3 community.....	64
<b>Figura 63</b> - Pesquisas Google sobre "gns3...".....	65
<b>Figura 64</b> - pfSense, página inicial .....	66
<b>Figura 65</b> - Exemplo Zabbix front-end.....	68
<b>Figura 66</b> - Bancada 1 com as ligações à firewall .....	69
<b>Figura 67</b> - Exemplo Remote Desktop.....	70
<b>Figura 68</b> - Putty .....	71
<b>Figura 69</b> - Tight VNC Viewer.....	71
<b>Figura 70</b> - mRemoteNG .....	72
<b>Figura 71</b> - Processo de fazer um snapshot de uma VM.....	75
<b>Figura 72</b> - Backup de uma VM em OVF .....	75
<b>Figura 73</b> - Agrupamento de interfaces.....	76
<b>Figura 74</b> - Regras da firewall .....	76
<b>Figura 75</b> - Mapeamento estático de IP via DHCP.....	76
<b>Figura 76</b> - Ativação da VPN.....	77
<b>Figura 77</b> - Redireccionamento de portos na firewall.....	78
<b>Figura 78</b> - Exemplo: acesso à bancada 01.....	78
<b>Figura 79</b> - Configurando o IP do servidor no cliente .....	79
<b>Figura 80</b> - GNS3 com as appliances instaladas.....	80
<b>Figura 81</b> - Projetos guardados na GNS3VM visto na aplicação gráfica.....	81
<b>Figura 82</b> - Sistema virtualizado com os nomes dos sistemas.....	82
<b>Figura 83</b> - Seleção da opção OVF/OVA file .....	83
<b>Figura 84</b> - Definição do nome e ficheiros OVF, VMDK.....	83
<b>Figura 85</b> - Seleção do storage para a bancada .....	84
<b>Figura 86</b> - Tipo de deployment .....	84
<b>Figura 87</b> - Revisão de opções e confirmação.....	84
<b>Figura 88</b> - Integração de novas máquinas virtuais.....	85
<b>Figura 89</b> - Conclusão do deployment de nova bancada.....	85

<b>Figura 90</b> - Selecionar a VM.....	85
<b>Figura 91</b> - Recolha do endereço MAC da máquina virtual.....	86
<b>Figura 92</b> - Iniciando a configuração do mapeamento DHCP.....	86
<b>Figura 93</b> - Ativação do serviço DHCP na interface 2.....	87
<b>Figura 94</b> - Configurações de mapeamento estático.....	87
<b>Figura 95</b> - Finalização de configurações de mapeamento estático.....	87
<b>Figura 96</b> - Aplicando as configurações de mapeamento estático.....	88
<b>Figura 97</b> - Desligando as máquinas virtuais.....	88
<b>Figura 98</b> - Primeiro acesso à bancada 2 - VM01 (Windows Server 2008).....	89
<b>Figura 99</b> - Primeiro acesso à bancada 2 - VM02 (CentOS).....	89
<b>Figura 100</b> - Configurando GNS3 front-end na bancada 2 - VM01.....	90
<b>Figura 101</b> - Configurando GNS3 front-end na bancada 2 - VM02.....	90
<b>Figura 102</b> - Adicionando novas VM no Zabbix.....	91
<b>Figura 103</b> - VMs da bancada 2 integradas no Zabbix.....	91
<b>Figura 104</b> - Topologia. Teste cenário CCNA, arranque limpo.....	95
<b>Figura 105</b> - Ao detalhe processos GNS3VM. Teste cenário CCNA, arranque não-limpo.....	99
<b>Figura 106</b> - Topologia. Teste cenário CCIE.....	99
<b>Figura 107</b> - GNS3VM htop ao detalhe. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo.....	103
<b>Figura 108</b> - GNS3VM Cpu utilization - detalhe. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo.....	104
<b>Figura 109</b> - Topologia. Teste cenário firewall, arranque limpo.....	108
<b>Figura 110</b> - GNS3VM ao pormenor. Teste cenário firewall, arranque limpo.....	112
<b>Figura 111</b> - Arranque - Cenário CCIE reduzido + 2x ASA Firewall.....	113
<b>Figura 112</b> - Ocupação de memória QEMU <-> Cisco ASA.....	113
<b>Figura 113</b> - Crash - Cenário CCIE reduzido + 2x ASA Firewall.....	114
<b>Figura 114</b> - Topologia. Teste elementos RS.....	115
<b>Figura 115</b> - htop GNS3VM. Teste elementos RS.....	115
<b>Figura 116</b> - Inquérito de satisfação AMBIVeRT.....	120
<b>Figura 117</b> - Experiência de utilização com o AMBIVeRT.....	120
<b>Figura 118</b> - Cisco PPDIOO (Kyle, 2012).....	125



## Lista de tabelas

<b>Tabela 1</b> - Cursos de vertentes de secundária, técnica e superior .....	2
<b>Tabela 2</b> - Cursos / Certificações Técnicas conceituadas no mundo IT .....	3
<b>Tabela 3</b> - Exemplo de equipamentos usados na preparação para a formação CCNA.....	8
<b>Tabela 4</b> - Exemplo de equipamentos usados na preparação para a formação JNCIA.....	8
<b>Tabela 5</b> - Exemplo de certificações em sistemas operativos .....	8
<b>Tabela 6</b> - Tabela representativa de preços de cursos.....	12
<b>Tabela 7</b> - Análise SWOT.....	16
<b>Tabela 8</b> - Mapa de Gantt da dissertação .....	17
<b>Tabela 9</b> - Comparativo de plataformas de aprendizagem.....	27
<b>Tabela 10</b> - Comparativo de hypervisor .....	29
<b>Tabela 11</b> - Comparativo de simuladores / emuladores.....	35
<b>Tabela 12</b> - Vantagens e desvantagens da sala de aula "clássica" .....	40
<b>Tabela 13</b> - Vantagens e desvantagens da aula de redes virtualizada.....	41
<b>Tabela 14</b> - Ficheiro de simulação em branco .....	43
<b>Tabela 15</b> - Ficheiro de simulação parcialmente preenchido .....	43
<b>Tabela 16</b> - Ficheiro de simulação totalmente preenchido.....	44
<b>Tabela 17</b> - Endereçamento IP das bancadas .....	49
<b>Tabela 18</b> - Características do servidor.....	61
<b>Tabela 19</b> - Requisitos GlobalProtect, Linux .....	69
<b>Tabela 20</b> - Alterações efetuadas aos sistemas operativos.....	73
<b>Tabela 21</b> - Tamanho final das imagens dos sistemas operativos no formato OVF.....	74
<b>Tabela 22</b> - Características das VMs .....	74
<b>Tabela 23</b> - Mapeamento de encaminhamento de portos para acesso remoto.....	77
<b>Tabela 24</b> - Imagens e appliances na máquina virtual GNS3.....	80
<b>Tabela 25</b> - Projetos guardados na GNS3VM visto por Linux shell.....	81
<b>Tabela 26</b> - Mapeamento VM <-> MAC <-> IP .....	87
<b>Tabela 27</b> - Características das VM .....	92
<b>Tabela 28</b> - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste em vazio .....	93
<b>Tabela 29</b> - Gestor de Tarefas (Windows) e Top (Linux). Teste em vazio.....	94
<b>Tabela 30</b> - Comando htop GNS3VM; gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste em vazio.....	94
<b>Tabela 31</b> - Consumo de recursos de sistema no final do teste.....	95
<b>Tabela 32</b> - Objetivos. Teste cenário CCNA, arranque limpo.....	96
<b>Tabela 33</b> - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste cenário CCNA, arranque limpo .....	96
<b>Tabela 34</b> - Gestor de Tarefas (Windows) e Top (Linux). Teste cenário CCNA, arranque limpo .....	97
<b>Tabela 35</b> - Comando htop GNS3VM; gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste cenário CCNA, arranque limpo.....	98
<b>Tabela 36</b> - Consumo de recursos de sistema no final do teste cenário CCNA, arranque limpo .....	99
<b>Tabela 37</b> - Objetivos. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo .....	100
<b>Tabela 38</b> - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo.....	100
<b>Tabela 39</b> - Análise dos front-end. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo.....	101
<b>Tabela 40</b> - Comando htop GNS3VM; gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo.....	102

<b>Tabela 41</b> - Consumo de recursos de sistema no final do teste cenário CCIE, arranque não-limpo.....	104
<b>Tabela 42</b> - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste cenário CCIE, arranque limpo .....	105
<b>Tabela 43</b> - Consumos de CPU antes e depois. Teste cenário CCIE, arranque limpo.....	106
<b>Tabela 44</b> - Consumos de memória RAM antes e depois. Teste cenário CCIE, arranque limpo.....	107
<b>Tabela 45</b> - Gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste cenário CCIE, arranque limpo.....	107
<b>Tabela 46</b> - Consumo de recursos de sistema no final do teste cenário CCIE, arranque limpo.....	108
<b>Tabela 47</b> - Objetivos. Teste cenário firewall, arranque limpo.....	109
<b>Tabela 48</b> - Equipamento utilizado. Teste cenário firewall, arranque limpo .....	109
<b>Tabela 49</b> - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste cenário firewall, arranque limpo ....	109
<b>Tabela 50</b> - Consumos de CPU antes e depois. Teste cenário firewall, arranque limpo.....	111
<b>Tabela 51</b> - Comando htop GNS3VM; gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste cenário firewall, arranque limpo.....	111
<b>Tabela 52</b> - Consumo de recursos de sistema no final do teste. Teste cenário firewall, arranque limpo.....	112
<b>Tabela 53</b> - Lista de elementos para testes e seus requisitos de RAM .....	113
<b>Tabela 54</b> - Lista de elementos para testes e seus requisitos de RAM .....	114
<b>Tabela 55</b> - Consumo de recursos de sistema no final do teste de sobrecarga do sistema .	115
<b>Tabela 56</b> - Consumos máximos no fim dos testes .....	116
<b>Tabela 57</b> - Consumo recursos, máquinas front-end.....	118

## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

AMBIVeRT: AMBIENTE VIRTUAL DE REDES ORIENTADO AO TREINO E EDUCAÇÃO .....	14
CAPEX: CAPital EXpenditure.....	22
CDP: Cisco Discovery Protocol.....	114
DCaaS: Data Center as a Service .....	122
DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol.....	56
ESTCB: Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco .....	5
HA: high availability .....	22
IPCB: Instituto Politécnico de Castelo Branco .....	7
KB: Knowledge Base.....	28
LaaS: Lab as a Service .....	122
Learning Management System.....	125
OPEX: OPerational EXpenditure.....	22
OSI: Open Systems Interconnection model.....	51
OVF: Open Virtualization Format .....	73
PAT: Port Address Translation .....	55
QoS: Quality of Service .....	6
RDP: Remote Desktop Protocol.....	70
SaaS: Software as a Service.....	122
SSH: Secure Shell.....	70
TI: Tecnologias de Informação.....	1
VLAN: Virtual Private Lan.....	48
VNC: Virtual Network Computing.....	70



# 1 Introdução

## 1.1 Contexto e motivação

Com a evolução da eletrónica, o aumento da velocidade das telecomunicações e o crescimento exponencial da Internet, existe hoje um mundo *always-on* em que ter uma ligação à rede em casa é quase tão importante como uma torneira com água potável.

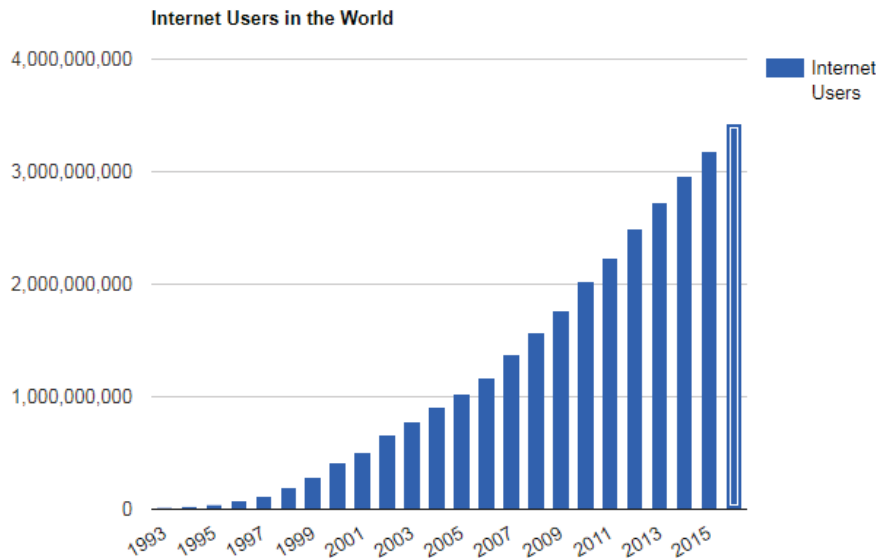


Figura 1 - Utilizadores da Internet no mundo (Internetlivestats.com, 2018)

É de tal forma relevante a Internet no mundo atual que não existe praticamente negócio global ou regional que não dependa, direta ou indiretamente, das Tecnologias de Informação <sup>1</sup>.

Consequentemente, torna-se muito importante formar profissionais que trabalhem e que entendam esta área. Atualmente em Portugal existem dezenas de cursos no âmbito de informática, programação, telecomunicações, redes de computadores, etc., que formam centenas de profissionais todos os anos. Na 'Europa existem 5 áreas de grande falta de profissionais, sendo duas delas tecnologias e engenharias' (Cedefop, 2016). O site inglês *theengineer.co.uk* confirma também essa ideia, referindo que o 'aumento na automação e a internet das coisas estão a ter grande impacto em todos os aspetos das nossas vidas, ao nível do consumo, comércio e mercado industrial. Estas tendências estão a levar a uma elevada procura de engenheiros, não só no Reino Unido, mas globalmente' (The Engineer, 2017).

Portanto, é fundamental as instituições de ensino colmatarem esta necessidade, oferecendo cursos nas referidas áreas, não se tratando apenas de ver reconhecido o valor e prestação da academia, mas também beneficiar deste período para alargar as ofertas na formação.

Os próximos subcapítulos debruçar-se-ão sobre o tipo de formação e os conteúdos das várias modalidades e tipos de formação.

<sup>1</sup> TI consideram-se todas as atividades e soluções de recursos de computação que visam a produção, o armazenamento, a transmissão, o acesso, a segurança e o uso das informações para determinados objetivos.

### 1.1.1 O Ensino da informática / tecnologias de Informação

Desde o seu aparecimento, o ensino da informática e das tecnologias de informação sempre foi caracterizado por uma forte componente prática. Presentemente, a “Introdução à Informática” nas escolas é feita desde cedo, sendo que no ano letivo 2018/2019 vão ser introduzidas em todas as escolas de ensino básico em Portugal aulas de programação: ‘a iniciativa do Ministério da Educação pretende dotar o ensino com temáticas mais focadas nos empregos do futuro, modernizando desta forma os métodos de trabalho e permitirá que os alunos adquiram as competências necessárias para compreender, dominar e criar conteúdos relacionados com a programação, algoritmia e informática’ (Pplware, 2017). Importa assim proporcionar, desde cedo, aos mais novos, bases futuras para um mundo computadorizado e em torno da tecnologia.

### 1.1.2 Vertentes deste ensino

A este ensino, onde se podem englobar as vertentes de secundária, técnica e superior, somam-se também inúmeras certificações técnicas, criadas por empresas de grande reputação na área.

Nas tabelas seguintes enumeram-se alguns exemplos dos ramos mais conhecidos desta área:

**Tabela 1** - Cursos de vertentes de secundária, técnica e superior

#### Cursos de vertentes de secundária, técnica e superior<sup>2</sup>

- Curso Técnico Superior Profissional em Desenvolvimento de Produtos Multimédia
- Curso Técnico Superior Profissional em Redes e Sistemas Informáticos
- Curso Técnico Superior Profissional em Tecnologias e Programação de Sistemas de Informação
- Licenciatura em Engenharia Informática
- Licenciatura em Tecnologias da Informação e Multimédia
- Mestrado em Desenvolvimento de Software e Sistemas Interativos

Com as seguintes temáticas:

- Linguagens de Programação
- Matemáticas
- Sistemas Operativos
- Bases de Dados
- Aplicações moveis
- Redes de comunicações
- Produção áudio e vídeo
- Computação Gráfica
- *Cloud e datacenter*
- Administração de sistemas





De seguida, descrevem-se algumas das formações mais importantes e conceituadas (Nuggets, 2017; Newhorizons.com, 2018) nas tecnologias de informação, os temas que lecionam e a certificação formal técnica correspondente. A certificação é, habitualmente, feita num centro autorizado e é reconhecida internacionalmente, o que tendo em conta o mercado de emprego

---

<sup>2</sup> Tomou-se como referência cursos lecionados na Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco.

atual, onde a maior parte das empresas operam a nível internacional, é um fator de relevância e destaque curricular para quem possua estas certificações.

**Tabela 2 - Cursos / Certificações Técnicas conceituadas no mundo IT**

Cursos / Certificações Técnicas conceituados no mundo IT	
Tópico da certificação	Nome/descrição da certificação
	
Routing & Switching	Interconnecting Cisco Network Devices
Design	Designing for Cisco Internetwork Solutions
Security	Implementing Cisco IOS Network Security
Service Provider	Building Cisco Service Provider Next-Generation Networks
Datacenter	Introducing Cisco datacenter
Cloud	Cloud Fundamentals
	
SQL Server	Development / Implementing / FastTrack
SharePoint	Administration / Implementing / User training
Azure	Fundamentals / Cloud Workshop / Architect
Windows 10 & Win. Server	Cloud / Implementing / Administration
Networking	Orchestration / Planning / Manager
Cloud Platforms	Infrastructures / Implementing / Troubleshooting
	
System Administration	
Diagnostic and Troubleshooting	
OpenStack	
DevOps	
jBoss	
	
VMware vSphere	
Virtualization & Cloud Management Platform	
Network Virtualization & Security	
Desktop, Application Virtualization & Mobility	

A esta tabela somam-se empresas como Oracle, Juniper, CompTIA, CheckPoint, etc.

### 1.1.3 Materiais e equipamentos

Como referido no subcapítulo anterior, são quase sempre utilizados materiais e recursos físicos com o objetivo de fornecer experiência prática/*hands-on* aos estudantes, quer por ser essencial quer porque é importante fornecer melhor experiência e suporte aos formandos. Imagine-se, por exemplo, lecionar uma disciplina de programação em que os alunos não programam ou, por exemplo, uma disciplina de intrusão e *hacking* utilizando Linux em que não é utilizada uma máquina com esse mesmo sistema.

Assim, abaixo descrevem-se resumidamente alguns dos elementos/materiais que podem ser encontrados numa sala de aula:

- Sistemas Operativos “vários” flavours<sup>3</sup>:



Figura 2 - Sistemas Operativos

- Linguagens de programação: as mais comuns e procuradas para 2018 são Java, JavaScript, Ruby on Rails, PHP entre outras (OnlineDeshDuniya, 2018).



Figura 3 - Linguagens de Programação (OnlineDeshDuniya, 2018)

- Equipamentos de redes / Networking: esta é a área que despoletou o *boom* das certificações técnicas e investimento em equipamentos de simulação de redes. Neste âmbito englobam-se todos os elementos responsáveis pela intercomunicação de dispositivos finais e na Internet como é conhecida atualmente.



Figura 4 - Fabricantes de equipamentos de redes

- Virtualização: esta tem sido a área tecnológica de maior emergência e importância dos últimos tempos (Cabrera et al., 2011; Redhat.com, 2016) acarretando largos benefícios tecnicamente ou a nível de negócio no mundo IT sendo uma vertente de grande aposta na formação.

---

<sup>3</sup> A palavra flavour (sabores do inglês) pode aplicar-se ao sistema operativo Linux como várias implementações que existem de vários grupos





Figura 5 - Referências do mundo da virtualização

Para além das empresas acima identificadas, existem muitas outras que têm contribuído positivamente para o avanço nas respetivas áreas, mas que não são aqui mencionadas.

### 1.1.3.1 Elementos considerados num laboratório de redes

Tome-se, por exemplo, uma sala de aula com 20 alunos de Redes de Comunicação de Dados da Licenciatura em Engenharia Informática da Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco (ESTCB) em que se executa um laboratório de “introdução ao funcionamento dos equipamentos IP: routers e *switches*”. Assumindo que os alunos trabalham em grupos de 2, existem 10 grupos, onde cada grupo utiliza:

- 2 routers e 2 *switches* físicos mais a respetiva cablagem de rede



Figura 6 - Frente Cisco 2900 (Cisco, 2018)



Figura 7 - Frente Cisco 1800 (Nhprice.com, 2018)

- 1 Computador para aceder aos seus equipamentos de rede.



Figura 8 - Computador Pessoal (Globalnettech.com, 2018)

Ficando a sala de aula semelhante à representação simbólica na figura seguinte:

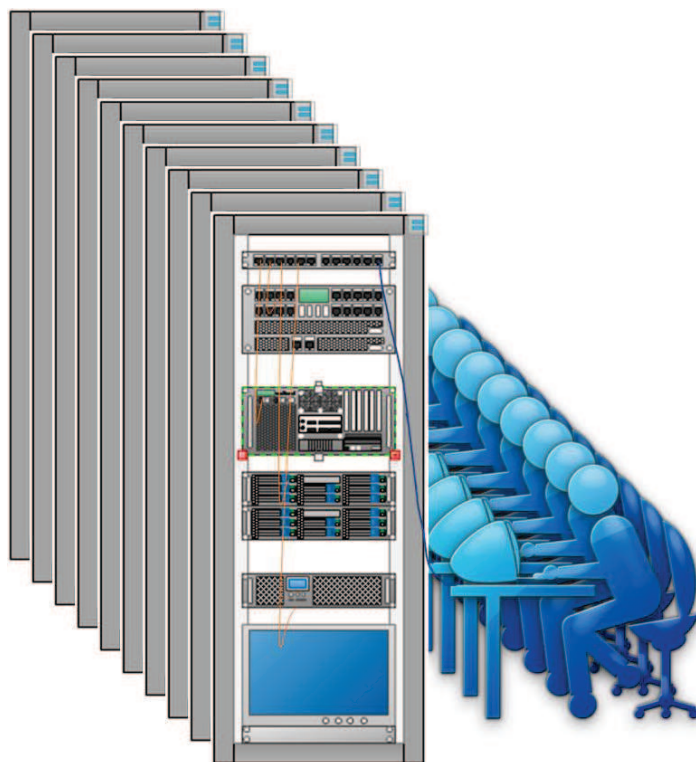


Figura 9 - Representação de aula de laboratório

Com base neste cenário, conclui-se que, para esta turma, serão necessários pelo menos 40 equipamentos a funcionar em simultâneo.

#### 1.1.4 Desatualização dos sistemas

Neste mundo de rápida evolução, é rotineiro o aparecimento de novas tecnologias, fazendo com que os componentes referidos no subcapítulo anterior se tornem obsoletos entre 3 e 5 anos (Blalock, 2016). Este facto é mais flagrante nos elementos informáticos, dado o rápido aumento dos requisitos mínimos<sup>4</sup> para correr as aplicações ou sistemas operativos mais recentes (TechRepublic, 2005; Morel, 2016).

Na vertente de redes informáticas, o caso é ligeiramente diferente. Não se sofre tanto da falta de requisitos, mas sim da evolução das tecnologias e aumento da quantidade de informação. Torna-se imprescindível ter uma rede robusta, com largura de banda e Qualidade de Serviço(QoS) que suportem tráfego de voz fluido e aplicações em tempo real. Num estudo realizado em 2016 (IPC, 2016), a firma Softchoice descobriu que 95% das empresas utilizam equipamento em EoS<sup>5</sup> e 60% dos equipamentos em EoL<sup>6</sup>.

Num ambiente de laboratório não é necessário ter as mesmas capacidades ou disponibilidade que num meio de produção. No entanto, é importante entender que, mais uma vez, a velocidade de aparecimento de tecnologias e alteração no comportamento dos sistemas também envolve aquisição de novos equipamentos e programas para o ambiente não-produção. Por exemplo,

---

<sup>4</sup> Requisitos mínimos refere-se ao valor mínimo de características que um servidor/computador necessita de ter para que determinada aplicação/sistema operativo funcione convenientemente. Exemplo dessas características são velocidade de CPU, capacidade de memória RAM ou espaço em disco.

<sup>5</sup> EoS ou End of Sale significa que este produto já não é fabricado e comercializado pelo fabricante.

<sup>6</sup> EoL ou End of Life significa que o aparelho já não tem suporte a nível de updates, patches de segurança ou correção de bugs.

uma organização, devido à nova versão do Microsoft Windows Server com novas funcionalidades e requisitos, necessita dar formação aos colaboradores neste novo sistema. Este acontecimento poderá ter de levar à atualização dos computadores/servidores que existem para corresponder aos requisitos mínimos exigidos e depois instalar esta nova versão do sistema operativo.

### 1.1.5 Custos dos sistemas

Como é esperado, estes equipamentos têm custos associados. Seguindo a notação de contabilidade de custos fixos e custos variáveis (Contabilista.pt, 2011; Caplan, 2010) procede-se em seguida ao estudo dos custos associados a este tema.

#### 1.1.5.1 Custos fixos

Entendem-se por custos fixos, custos que existem mesmo quando a atividade é nula, ou seja, são custos que existem mesmo quando não há variações na atividade.

Aqui os custos que existem são maioritariamente relacionados com:

- Aquisição de novos equipamentos devido à desatualização destes, ou seja, o aparecimento de novas tecnologias que já não são suportadas por estes equipamentos.
- Aquisição de novos equipamentos devido a maiores requisitos dos novos sistemas. Este caso é comum na utilização, por exemplo, de sistemas operativos Microsoft em que a cada nova versão aumentam as exigências de processamento.
- Aquisição de novas licenças quer porque as atuais expiraram, quer para executar novas funcionalidades.
- Aquisição de novos modelos para abarcar outros fabricantes.

#### 1.1.5.2 Custos variáveis

Custos variáveis são custos que resultam de atividades que existem, ou seja, oscilam em função das alterações. São custos relacionados com:

- Consumo elétrico dos vários equipamentos.
- Reparação/aquisição de peças para reparação dos equipamentos.
- Aquisição de cabos e acessórios para correto funcionamento do laboratório.

### 1.1.6 Preço dos sistemas

Este subcapítulo providencia estimativas dos preços<sup>7</sup> de alguns equipamentos utilizados no ensino. São preços retirados de <http://itprice.com> e servem apenas como referencial, pois estes valores são geralmente negociados.

É também importante sublinhar que, para uma instituição de ensino superior como o Instituto Politécnico de Castelo Branco (IPCB), existem descontos académicos providenciados por grande parte dos fabricantes.

Para melhor entendimento, utilizam-se como referência os equipamentos necessários em algumas das certificações mais “conhecidas” na área:

---

<sup>7</sup> Preços retirados em Maio de 2018 de <http://itprice.com>. Preços apenas de referência.

**Tabela 3 - Exemplo de equipamentos usados na preparação para a formação CCNA**

CCNA - Cisco Certified Network Associate			
Fabricante	Modelo	Equipamento	Preço (USD)
Cisco Systems	WS-C2960L-24PQ-LL	Catalyst 2960L 24 port GigE PoE+. 4x10G SFP+. Lan Lite	3070
	WS-C3560G-24PSS-RF	Cat3560 24 10/100/1000T PoE + 4 SFP Std Image	3741
	C1921-AX/K9	Cisco 1921 AX Bundle w/ APP.SEC lic	2945
	C2901-AX/K9	Cisco 2901 AX Bundle w/ APP.SEC lic	4725
	ASA5505-SEC-BUN-K9	Cisco ASA 5505 Adaptive Security Appliance	1695
	ASA5510-K8-RF	ASA 5510 Appliance with SW. 3FE. DES	2109

Assume-se como exemplo o estudo para uma certificação CCNA utilizando 2 *switches* Cisco 2960/3560 e 2 routers Cisco 1901/2901<sup>8</sup>. Se for a vertente de segurança, necessita de acrescentar pelo menos 1 firewall Cisco ASA 5505/5510.

**Tabela 4 - Exemplo de equipamentos usados na preparação para a formação JNCIA**

JNCIA - Juniper Network Certified Associate			
Fabricante	Modelo	Equipamento	Preço (USD)
Juniper Networks, Inc.	J2320-JB-SC-TAA	J2320, JUNOS, Memory (1GB DRAM, 1GB Flash), 3 PIM Slots, SW Security, AC Power Supply	600
	SRX300-SYS-JE	Juniper Networks SRX300 Services Gateway	1495
	EX2200-48P-4G-TAA	EX2200 TAA. 48-PORT 10/100/1000BASE-T POE	4000
	SRX100H	SRX services gateway 100 with 8xFE ports and high memory	949

**Tabela 5 - Exemplo de certificações em sistemas operativos**

REDHAT Inc.	Red Hat Enterprise Linux Server	349
Microsoft Corporation.	Windows Server 2016 Standard	882
Microsoft Corporation.	Windows 10 Pro	199

### 1.1.7 Outros pontos importantes

- **Financiamento:** nos subcapítulos 1.1.5 e 1.1.6 descrevem-se os custos e preço dos sistemas. Contudo, existe necessidade de liquidez financeira para endereçar estas questões, o que pode ser complicado, visto uma instituição, independentemente de ser pública ou privada, não canalizar fundos monetários apenas para uma área ou temática.

<sup>8</sup> Assume-se uma configuração média com referência na recomendação de Wendell Odom (Odom, 2018)

- **Formação local *on-site*:** o tipo de formação praticada é, na grande maioria local, ou seja, é sempre necessária a deslocação do instrutor e instruídos à sala de aula para terem acesso aos sistemas físicos. Isto pode causar constrangimentos e traduzir-se em menor afluência de inscrições, pois obriga à deslocação e presença física na escola, bem como adaptação por parte dos instruídos ao horário do curso. Ao nível de custos, leva ao aumento dos custos variáveis relacionados com o uso das instalações e equipamentos físicos da instituição.

### 1.1.8 Considerações

Com base no exposto anteriormente, podem estabelecer-se nesta altura algumas considerações:

- No mercado de ensino existem inúmeras vertentes pedagógicas e oportunidades nesta área, podendo ser muito interessante para uma instituição (por exemplo a ESTCB) fazer o estudo sobre se é economicamente viável lecionar e certificar em outras áreas fora do âmbito curricular habitual. Existem muitas discussões e artigos de opinião na comunidade sobre o que é mais importante: um curso superior técnico ou uma certificação IT? O consenso parece apontar mais valias em ambas as vertentes de estudo, o que sublinha a importância das certificações técnicas (Learningnetwork.cisco.com, 2017; Talley, 2015; Western Governors University, 2017).
- Tipos de ensino: atualmente, o ensino é maioritariamente presencial com suporte a plataformas de e-learning. Contudo, é importante evoluir para regimes de b-learning ou m-learning, que conjugam a formação local com remota, sendo na maioria das vezes presencial apenas na componente de avaliação. Assim, abre-se o leque de formação a novos candidatos.

No âmbito da aquisição de material e diversificação da formação, existem sempre custos substanciais associados à aquisição de elementos. Isto é especialmente evidente quando se fala de componentes físicos. Estes custam muito dinheiro, principalmente se houver interesse em diversificar a formação por vários fabricantes/marcas.

Por último, refere-se a desatualização dos sistemas: todos os dias surgem novos serviços e aplicações que exigem equipamentos mais recentes e potentes. Este ponto torna-se mais grave relativamente ao hardware físico, pois é necessário contabilizar gastos futuros como upgrades, reparações, etc.

## 1.2 Enquadramento e objetivos do trabalho

Atualmente, existem softwares informáticos na Internet, grátis ou pagos, que permitem ao utilizador simular equipamentos de redes ou outros sistemas.

Estes simuladores, após convenientemente instalados e configurados num computador ou servidor, permitem recriar topologias de rede reais com custos muito reduzidos. São utilizados na área das tecnologias de informação não só na educação superior e certificações técnicas, mas também por profissionais do ramo que pretendem simular uma rede empresarial e testar previamente implementações a fazer no ambiente de produção.

### 1.2.1 Vantagens e características de um simulador de redes

Nos pontos abaixo, enumeram-se de forma genérica algumas das características destes simuladores. As funcionalidades são restringidas às questões legais inerentes à distribuição e compra (se aplicável) de licenças e programas:

- **Simulação de elementos de rede:** estes programas começaram por ser desenvolvidos para auxílio aos utilizadores no estudo para certificações na área de redes de computadores. Vão desde a simples simulação do comportamento parcial de um equipamento, até à simulação total de elementos como routers ou *switches* de forma virtual, sem a necessidade de acesso físico ao mesmo.
- **Suporte a vários fabricantes:** permitem ao utilizador carregar a imagem do sistema operativo de um equipamento de um fabricante e começar rapidamente a simular cenários com esse equipamento.
- **Utilização de ambiente gráfico:** possuem no geral um ambiente gráfico *user-friendly*, para que os utilizadores possam inserir ou retirar elementos de rede de uma determinada topologia.
- **Ligação a softwares de virtualização:** através de interfaces virtuais, permitem ao utilizador interligar uma topologia de rede virtual a programas externos, abrindo assim as portas a um grande leque de experiências e cenários.
- **Ligação a redes externas e Internet:** semelhante ao ponto acima, é possível interligar o simulador à Internet utilizando interfaces virtuais, permitindo assim fazer testes práticos com cenários reais.

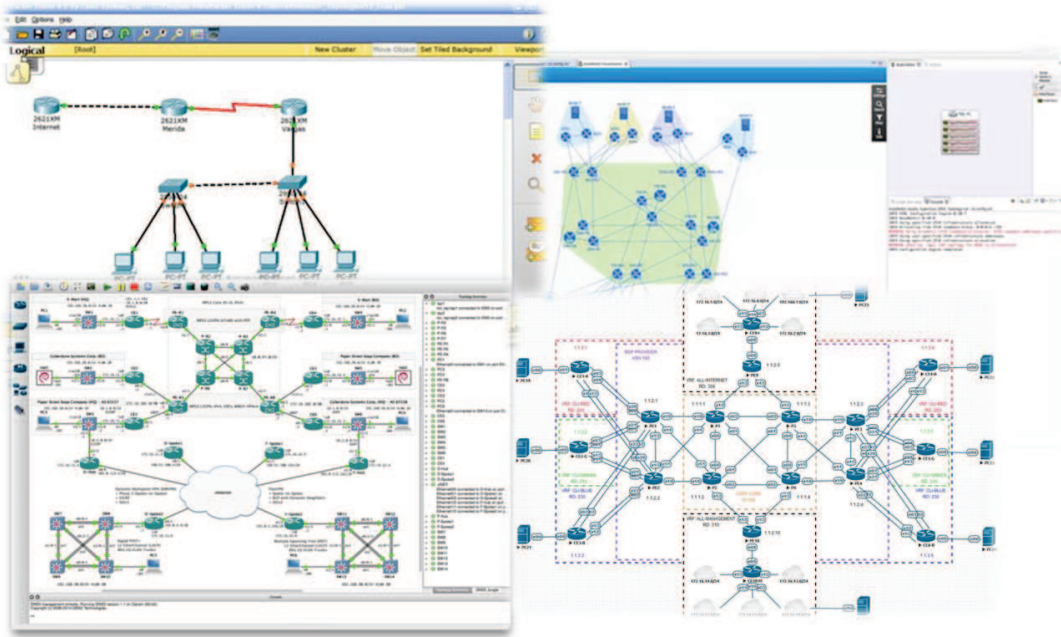


Figura 10 - Exemplo de um ambiente gráfico de simuladores de redes

### 1.2.1.1 Redução de custos do sistema

Estes simuladores, como qualquer programa informático, possuem características próprias e são diferentes uns dos outros.

Contudo, com a transição para um ambiente virtual, os routers/*switches* físicos deixam de ser necessários, ficando apenas a ser utilizada a máquina física onde todo o cenário é simulado.



Figura 11 - Representação da transição

Pode assim constatar-se que existe redução ao nível da quantidade de hardware que é necessário ter disponível em funcionamento. Surgem aqui vantagens no âmbito dos custos fixos e variáveis descritos em 1.1.5.1 e 1.1.5.2.

### 1.2.1.2 Ensino remoto

Outra grande vantagem é o facto de o ambiente virtual ser acessível **via rede interna** da escola, bem como **via Internet**, para que se possa trabalhar remotamente, por exemplo a partir de casa.



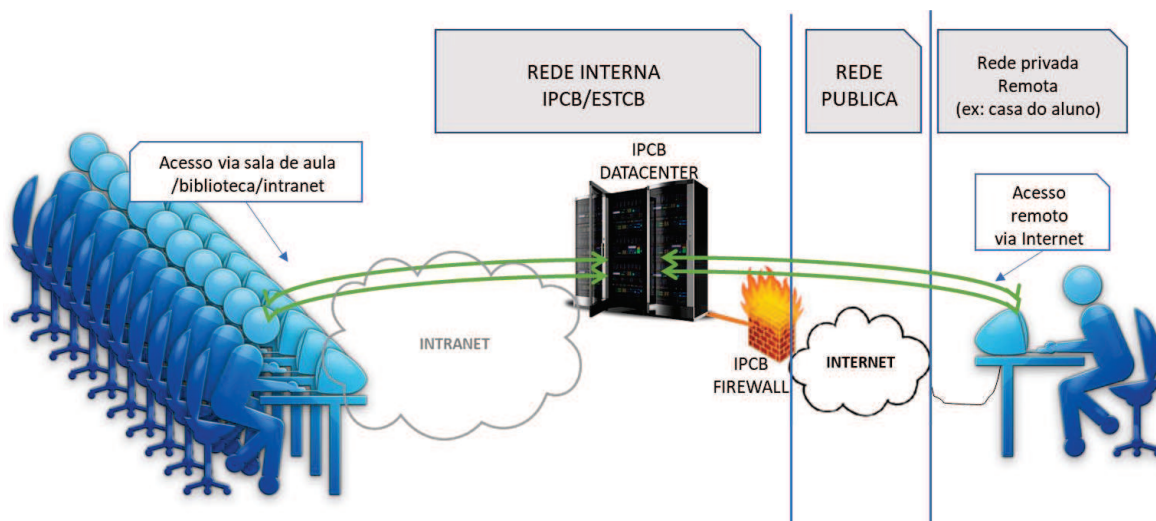


Figura 12 - Representação do acesso remoto ao sistema.

O facto de haver acesso ao laboratório de forma remota abre possibilidades a outros tipos de ensino:

- **Ensino b-learning:** esta modalidade de ensino combina elementos da formação à distância não presencial e alguns elementos da formação presencial. Neste âmbito é, em teoria, possível lecionar um curso de redes de computadores de forma remota, tendo os alunos apenas que se apresentar para, hipoteticamente, efetuar as épocas de avaliação. O recurso a estas novas tecnologias, aliado às plataformas de e-learning já existentes (por exemplo o Moodle no IPCB), faz com que o conhecimento esteja disponível a qualquer hora, a partir de qualquer lugar.
- **Prestação de Serviços ao Exterior:** com a facilidade de implementação e rápida criação de equipamentos de vários fabricantes, torna-se possível lecionar no ensino privado.

Na tabela 6 afixam-se preços de certificações<sup>9</sup> Cisco e RedHat representativos do impacto económico que esta área pode ter numa instituição:

Tabela 6 - Tabela representativa de preços de cursos

Entidade certificação	HORAS	Exame final Certificação	PREÇO
<b>REDHAT</b>			
System Administration I (RH124)	40	-	1725,00€
System Administration II (RH134)	32	RHCSA	1720,00€
System Administration III (RH254)	32	RHCE	1720,00€
System Management with Red Hat Satellite 6 (RH403)	32	RHCA	1720,00€
Red Hat Linux Diagnostics and Troubleshooting (RH342)			
<b>CISCO SYSTEMS - Associate Level</b>			
ICND1 - Interconnecting Cisco Network Devices 1	35	CCENT	2,150,00 €
ICND2 - Interconnecting Cisco Network Devices 2	35	CCNA	2,150,00 €
DESGN - Designing for Cisco Internetwork Solutions	35	CCDA	2,150,00 €
IINS - Implementing Cisco IOS Network Security	35	CCNA Security	2,490,00 €

<sup>9</sup> Preços retirados de tabelas de preços de empresas privadas que lecionam nesta área. Tratam-se de preços para o público, meramente para referência do leitor.



CISCO SYSTEMS - Professional Level			
SISAS - Implementing Cisco Secure Access Solutions	35	CCNP Security	2,720,00 €
SENSS - Implementing Cisco Edge Network Security Solutions	35	CCNP Security	2,720,00 €
SIMOS - Implementing Cisco Secure Mobility Solutions	35	CCNP Security	2,720,00 €
ROUTE - Implementing Cisco IP Routing	35	CCNP/CCDP	2,490,00 €
SWITCH - Implementing Cisco IP Switched Networks	35	CCNP/CCDP	2,490,00 €
TSHOOT - Troubleshooting and Maintaining Cisco IP Networks	35	CCNP	2,490,00 €
ARCH - Designing Cisco Network Service Architecture	35	CCDP	2,390,00 €

### 1.2.2 Quantificando os objetivos

Esta dissertação propõe a elaboração de uma plataforma orientada ao ensino de redes informáticas onde, utilizando softwares de simulação, é possível gerar, com rapidez e facilidade, ambientes de teste e laboratório. Tal possibilitará a redução dos equipamentos a uma única plataforma, que funcionará como ambiente virtual. Desta solução farão parte os seguintes elementos:

- **Simulador de redes:** software a ser utilizado para implementação da topologia de rede, execução e simulação dos vários equipamentos de rede, interligação a outros dispositivos que podem ser reais ou virtualizados.
- **Software de virtualização:** é um software que funciona diretamente sobre o hardware e é usado para virtualizar sistemas operativos de computadores, servidores, routers, *switches*, *firewalls*, geradores de tráfego, etc.
- **Servidor de gama empresarial (*back-end*):** onde é feita toda a virtualização, ou seja, onde são instaladas as aplicações inerentes ao projeto e ambiente virtual.
- **Computador de bancada (*front-end*):** é um terminal real usado pelo aluno ou docente para poder estabelecer a ligação remota ao ambiente virtual de trabalho. Esta ligação é efetuada por sessão remota, via SSH, RDP ou VNC.

Dos elementos acima referidos, os mais importantes são o computador de bancada, que o aluno vai utilizar como *front-end* e o servidor de gama empresarial *back-end* onde, utilizando software de simulação e virtualização, funciona a infraestrutura necessária ao ensino de redes informáticas. É neste servidor central que é feito todo o processamento e “trabalho pesado”, ficando a bancada do aluno orientada apenas para a visualização.

Na figura seguinte está uma representação do projeto:

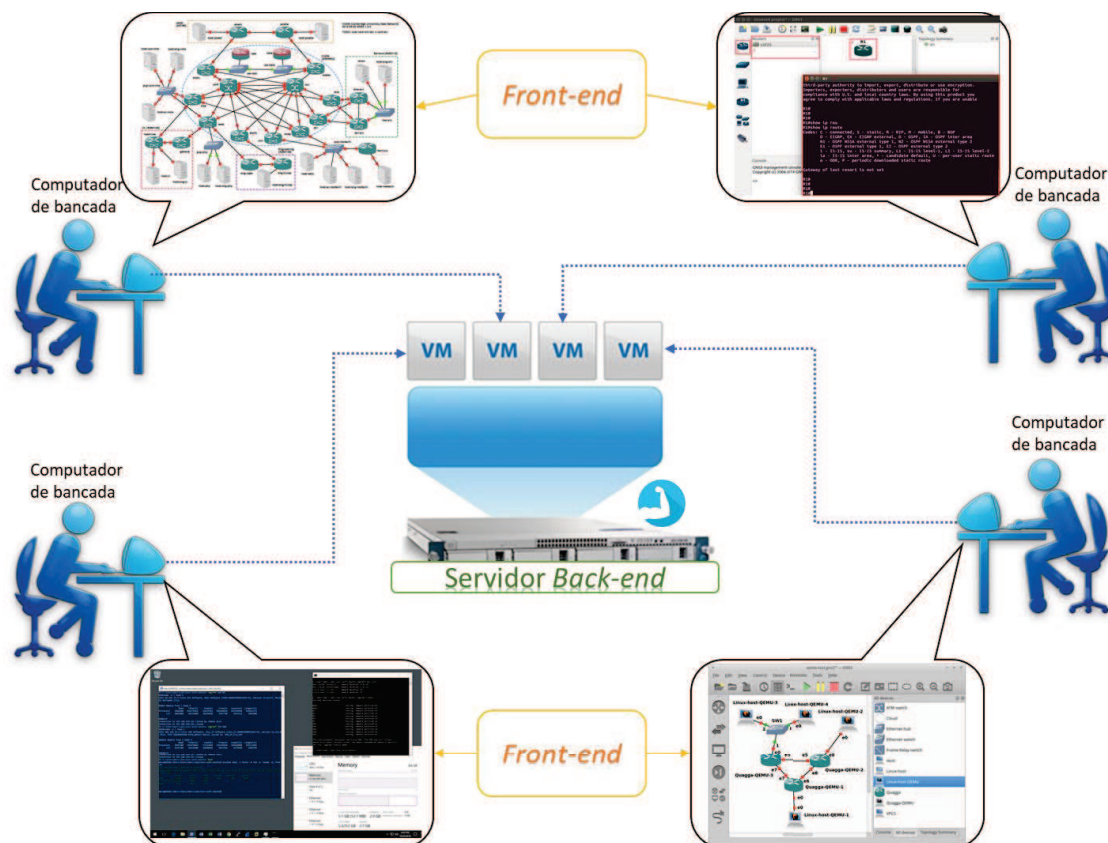


Figura 13 - Representação simbólica dos elementos envolvidos no sistema virtual

O servidor garante fiabilidade de funcionamento e todas as características inerentes à virtualização e escalabilidade futura. Isto engloba várias vantagens, como redundância da informação, recuperação rápida de backups, clonagem de máquinas virtuais, fácil gestão, centralização, etc.

Em síntese, esta dissertação, com o título AMBIENTE VIRTUAL DE REDES ORIENTADO AO TREINO E EDUCAÇÃO (AMBIVeRT) propõe a transição de um laboratório físico com equipamentos e bastidores para um ambiente virtualizado que simula os equipamentos físicos. Procede-se assim à “virtualização” de um laboratório de redes da ESTCB para utilização prática e funcional no ensino.

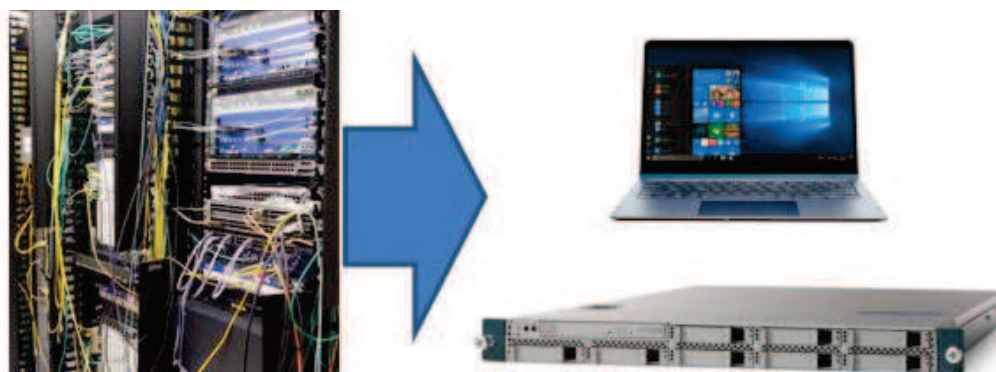


Figura 14 - Representação da transição

O sistema terá as seguintes funcionalidades:

- **Ambientes separados de simulação:** cada aluno ou grupo de alunos deve ter um ambiente separado independente onde pode executar os testes e topologias propostas sem interferência dos demais. É importante garantir que em caso de crash de um dos ambientes não exista impacto nos restantes.
- **Acesso remoto:** é considerado no ambiente de virtualização uma conexão à Internet, para que pessoas autorizadas se possam ligar remotamente à sua bancada de trabalho.
- **Acesso seguro:** os acessos devem ser facultados aos alunos ou partes envolvidas pelo docente ou responsável de laboratório sob forma de IP (ou nome no domínio), nome de utilizador e palavra-passe. As ligações às estações de trabalho são feitas utilizando protocolos cifrados e seguros. Assim, garantem-se os princípios de integridade<sup>10</sup>, disponibilidade<sup>11</sup> e confidencialidade<sup>12</sup>.
- **Facilidade e simplicidade:** é importante manter o sistema e acesso o mais simples possível, não comprometendo a fiabilidade e segurança. A máxima a ter em conta é *less is more*.
- **Gestão do sistema:** integração com ferramentas de alarmística, análise de carga das máquinas virtuais e deteção de erros para mais eficiente gestão de todo o sistema por parte do administrador de sistemas.
- **Garantir a estabilidade e escalabilidade mínima do sistema num cenário real:** é fundamental garantir que o sistema é estável numa aplicação real (por exemplo, uma turma de 20 alunos) e escalável, ou seja, é possível aumentar o número de estações de trabalho sem comprometer a estabilidade de todo o sistema.

---

10 Integridade serve para garantir a exatidão da informação, ou seja, não foi adulterada entre fonte e destino.

11 Disponibilidade passa por garantir que a informação esteja sempre disponível.

12 Confidencialidade consiste em garantir que a informação é confidencial e não foi lida por terceiros.

### 1.2.3 Análise SWOT

De seguida, efetua-se uma análise SWOT para melhor quantificar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças a este projeto:

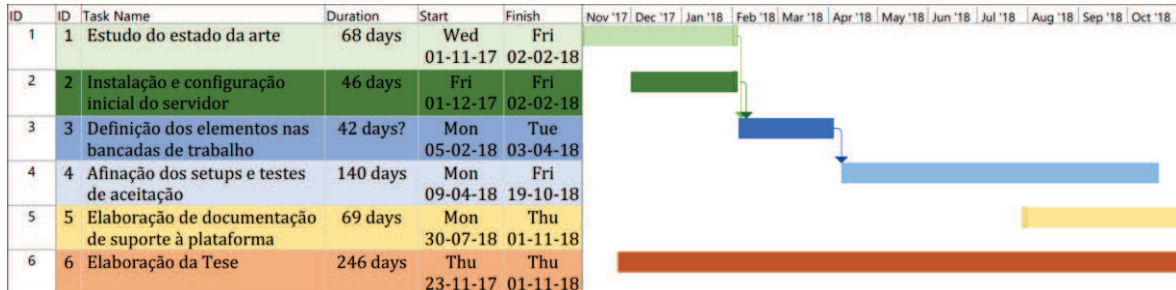
Tabela 7 - Análise SWOT

<p><b>S</b></p> <p>Strenghts (forças)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidade de <u>adicionar novo elemento</u> a uma topologia de rede em segundos.</li><li>• Capacidade de rapidamente criar laboratórios com elementos de rede de <u>outros fabricantes</u> sem necessidade de passar pelo processo de aquisição do elemento físico.</li><li>• Ambiente virtualizado, o que significa que, em caso de falha, o ambiente de trabalho pode <u>ser recuperado em segundos</u>.</li></ul>
<p><b>W</b></p> <p>Weaknesses (fraquezas)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Atualmente, a falha de um elemento de rede não é grave, pois existem outros no laboratório. Neste caso, o ponto de falha fica <u>reduzido ao servidor</u>, sendo fundamental garantir a devida <u>redundância</u>.</li><li>• É necessária eficiente gestão e manutenção <u>proactiva</u> para garantir o bom funcionamento do sistema e evitar <i>crashes</i>.</li></ul>
<p><b>O</b></p> <p>Opportunities (oportunidades)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rentabilização do servidor alugando espaço para trabalho remoto de entidades externas (pessoal ou profissional).</li><li>• Com o acesso remoto abre-se a possibilidade de execução dos trabalhos remotamente, havendo mais autonomia para trabalhar, abrindo outras portas.</li><li>• Oportunidade económica para uma instituição como a ESTCB utilizando recursos imóveis, técnicos e humanos (professores) que já possui para lecionar noutras áreas e certificações técnicas.</li></ul>
<p><b>T</b></p> <p>Threats (ameaças)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Problemas de estabilidade/falhas podem levar a que os utilizadores desistam da sua utilização.</li><li>• Maior curva de aprendizagem de sistema VS simples utilização de equipamentos físicos.</li><li>• Típica resistência à mudança.</li></ul>

### 1.3 Evolução temporal da realização da dissertação

Na tabela seguinte ilustra-se cronologicamente a evolução desta dissertação sob forma de mapa de Gantt seguido da descrição de cada uma das 6 tarefas.

**Tabela 8 - Mapa de Gantt da dissertação**



Tarefa 1 - Estudo do estado da arte: é feito o estudo a nível de simuladores de rede e softwares de virtualização a utilizar, tendo em consideração que deve ser software preferencialmente livre ou com versões académicas, maduro, com boas bases e comunidades bem enraizadas na Internet.

Tarefa 2 - Instalação e configuração inicial do servidor: após o momento em que é conhecido o hardware disponibilizado pelo centro de informática do IPCB, começa-se a definir a solução e posterior instalação do software de virtualização. É também nesta altura que se faz a definição de máquinas virtuais de administração do sistema e endereçamento IP.

Tarefa 3 - Definição dos elementos nas bancadas de trabalho: após estar concluído o *setup* inicial avança-se para a definição dos elementos que devem estar na bancada de trabalho de cada aluno e como será o ambiente de virtualização.

Tarefa 4 - Afinação das configurações e testes de aceitação: este é talvez o ponto mais importante do trabalho pois contempla testes completos da plataforma. São contemplados cenários reais e exaustivos por forma a verificar a estabilidade e funcionamento do sistema.

Tarefa 5 - Elaboração de documentação de suporte à plataforma: nesta fase final é elaborada documentação a incluir na tese por forma a auxiliar o administrador do sistema na gestão da plataforma.

Tarefa 6 - Elaboração da dissertação: desde o momento inicial em que é definido o plano foi iniciada a sua escrita desta dissertação com base e sempre acompanhando as 5 tarefas precedentes.

## 1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos (mais anexos) com o propósito de facilitar a leitura e compreensão ao leitor. Os capítulos tratam os seguintes assuntos:

- **Capítulo 1, Introdução**
  - Subcapítulo 1.1 - Neste capítulo, é tal como o nome indica, introduzida a temática.
  - Subcapítulo 1.2 - Inicia-se por enumerar genericamente as vantagens e características de um simulador de redes, dando numa segunda fase, especial atenção à redução de custos do sistema e à vertente do ensino remoto.
  - Subcapítulo 1.3 - Elaboração temporal da realização e elaboração desta dissertação.
  - Subcapítulo 1.4 - Estrutura da dissertação escrita.
- **Capítulo 2, Estado da arte**
  - Subcapítulo 2.1 - Explica-se em que consiste a virtualização e *hypervisor*.
  - Subcapítulo 2.2 - É feito um exame a outras plataformas de aprendizagem existentes na Internet.
  - Subcapítulo 2.3 - Neste subcapítulo é feita uma análise a soluções de *hypervisor* e simuladores de redes.
  - Subcapítulo 2.4 - Sintetizam-se os pontos importantes dos softwares descritos no subcapítulo anterior.
  - Subcapítulo 2.5 - Sumariam-se os objetivos desta dissertação.
- **Capítulo 3, Arquitetura proposta**
  - Subcapítulo 3.1 - Inicia-se este capítulo pela descrição dos requisitos que deve ter este projeto.
  - Subcapítulo 3.2 - Nesta altura é feita uma descrição das funcionalidades do sistema.
  - Subcapítulo 3.3 - Neste subcapítulo é feita uma descrição genérica dos componentes e do desenho do sistema.
  - Subcapítulo 3.4 - Síntese da arquitetura do sistema.
- **Capítulo 4, Implementação e descrição**
  - Subcapítulo 4.1 - Inicia-se pela descrição detalhada das tecnologias e software utilizado.
  - Subcapítulo 4.2 - Enumeração de características da solução desenvolvida.
  - Subcapítulo 4.3 - Síntese da solução implementada.
- **Capítulo 5, Testes**
  - Subcapítulo 5.1 - Manual relativamente à integração de uma nova bancada.
  - Subcapítulo 5.2 - Introdução aos cenários de testes efetuados na plataforma.
  - Subcapítulo 5.3 - Elaboração, descrição profunda e conclusões aos testes efetuados na plataforma.
  - Subcapítulo 5.4 - Síntese deste subcapítulo.
- **Capítulo 6, Conclusão e trabalho futuro**
  - Subcapítulo 6.1 - Análise do percurso e conclusão desta dissertação.
  - Subcapítulo 6.2 - Sugestões de trabalho futuro a este projeto.
- **Capítulo 7, Bibliografia**
- **Capítulo 8, Anexos**

## 2 Estado da arte

### 2.1 Conceitos

#### 2.1.1 Virtualização

Para entender o conceito de virtualização, é importante traçar um paralelo entre o que é real e o que é virtual em TI. Pode definir-se real como algo com características físicas e concretas sendo, por oposição, o virtual associado àquilo que é simulado ou abstrato (Rosehosting.com, 2016).

Neste contexto, a virtualização explica-se como a ação de colocar um sistema ou aplicação que funciona sobre hardware físico dedicado, num sistema virtual em que o software na camada superior se torna indiferente à camada inferior (hardware).

Nesta dissertação existe um grande foco na virtualização de sistemas operativos ou servidores, sendo esse assunto analisado nos próximos subcapítulos.

##### 2.1.1.1 Tipos de virtualização - hypervisor

No mundo da virtualização, *hypervisor* é um software que permite a vários sistemas operativos funcionarem concorrentemente no mesmo sistema físico. Estes sistemas funcionam sob a forma de máquinas virtuais (VM<sup>13</sup>) numa camada superior, estando o *hypervisor* numa camada intermédia, encarregue de controlar a exposição e alocação dos recursos físicos em tempo real.

A origem do termo surgiu dum pequeno jogo de palavras: um sistema operativo é, muitas vezes, referido como um supervisor, logo um software de virtualização será um supervisor de supervisores, daí um *hypervisor* (Golden, 2008).

Na figura seguinte está representada, de forma genérica, a transição de um sistema tradicional para um sistema virtual. O *hypervisor* é representado na camada verde como *virtualization layer*.

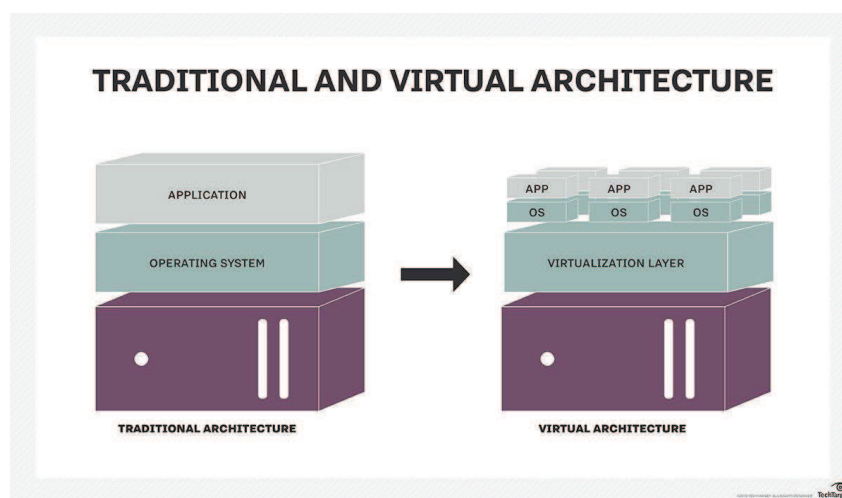


Figura 15 - Arquitetura tradicional VS virtualizada (Rouse and Kirsch, 2016)

13 Neste contexto, a máquina virtual também pode ser referida como “guest” ou instância.



### 2.1.1.2 Type 1 hypervisor VS Type 2 hypervisor

Existem dois tipos de *hypervisor*:

- *Hypervisor tipo 1* funciona diretamente sobre o hardware. Pode ser referido como Hardware Virtualization Engine ou *bare-metal hypervisor*.
- *hypervisor tipo 2* funciona sobre um sistema operativo já existente. Pode ser referido como Hosted Hypervisor.

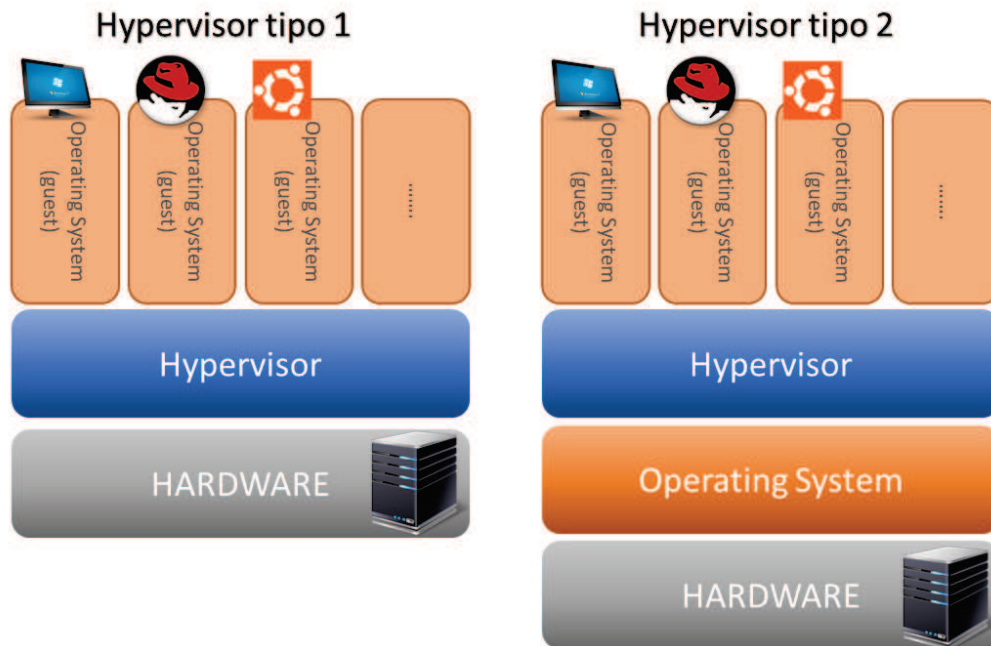


Figura 16 - Type 1 Hypervisor VS Type 2 Hypervisor

Iniciando pelo *hypervisor* do tipo 2: esta é uma aplicação que trabalha sobre um sistema operativo já instalado e em funcionamento. O *hypervisor* permite especificar os requisitos e a exposição do hardware, construindo uma configuração customizada e feita por medida que vai depois ser exposta ao sistema operativo.

Um utilizador que tenha, por exemplo, o Microsoft Windows 7 ou Linux Ubuntu, pode instalar um *hypervisor* tipo 2 para:

- Teste de sistemas operativos sem danificar o seu próprio sistema.
- Instalar aplicações de proveniência duvidosa/desconhecida e testes de vírus/ataques num ambiente “fechado”.
- Fabricar um SO por medida para posteriormente ser exportado para outros sistemas.

Como se imagina, este tipo de *hypervisor* está subordinado ao sistema operativo abaixo, por isso, devido à sua natureza não orientada ao hardware, não é utilizado em ambientes de produção ou *datacenter*.

Algumas aplicações deste tipo são VMware Fusion (Pickavance, 2018), Solaris Zones (Qemu-buch.de, 2018), QEMU (Virtuallyfun.com, 2017), Microsoft Virtual PC (Support.microsoft.com, 2018), sendo os mais conhecidos o Oracle VirtualBox e VMware Workstation (Pickavance, 2018).



Na figura seguinte exemplifica-se uma configuração deste tipo, onde o Microsoft Windows 10 corre o *hypervisor* tipo 2 VMWare Workstation que, por sua vez, virtualiza uma versão de Microsoft Windows 7.

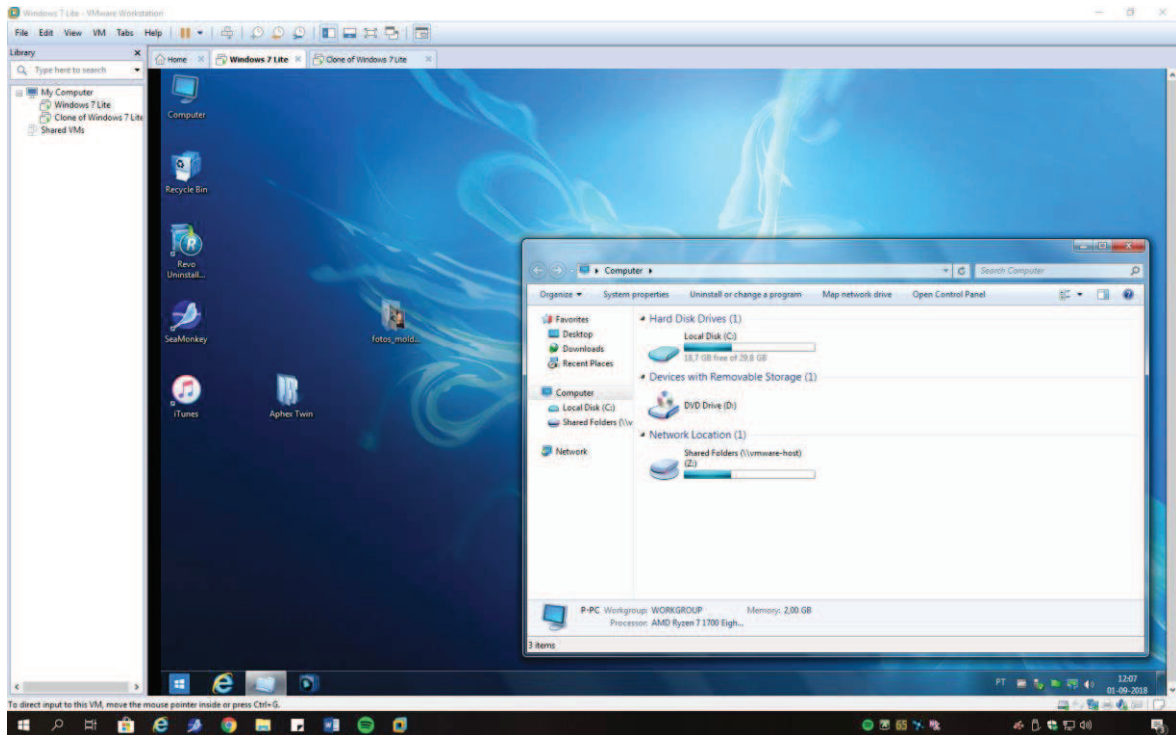


Figura 17 - Exemplo de Hypervisor tipo 2: VMWare Workstation

Um *hypervisor* do tipo 1, por seu turno, garante performance e flexibilidade, pois funciona como uma fina camada que expõe o hardware às instâncias que gere. Normalmente, um *host*<sup>14</sup> onde funciona um *hypervisor* serve apenas para virtualização, sendo muitas vezes parte de um conjunto de recursos físicos que são depois alocados pelo *hypervisor*.

No próximo subcapítulo elabora-se com mais detalhe a análise ao *hypervisor* do tipo 1, dado que este é o tipo de tecnologia utilizada nesta dissertação.

### 2.1.1.3 Hypervisor tipo 1

Um *hypervisor* tipo 1 pode agregar várias máquinas físicas para alocação de recursos, garantir redundância e alta disponibilidade. Na figura seguinte encontra-se uma representação abstrata de um sistema deste tipo, para melhor entendimento do leitor.

<sup>14</sup> Neste contexto, “Host” ou “anfitrião” é o nome que pode ser dado ao servidor físico onde é instalado o *hypervisor*.

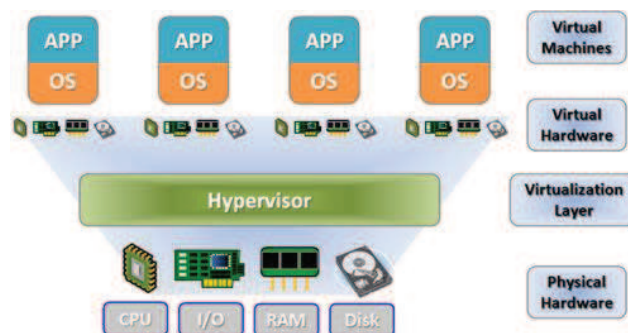


Figura 18 - Funcionamento do sistema virtualizado e hypervisor (Onisick, 2010)

As vantagens de um sistema deste tipo são:

- **Isolamento das máquinas virtuais:** o isolamento das várias VMs no sistema permite realizar testes de software e aplicações sem afetação do resto do sistema.
- **Monitorização do sistema como um todo:** facilidade de manter e seguir os eventos que correm dentro das máquinas virtuais, aplicando regras e políticas definidas pelo administrador de sistema.
- **Redução da quantidade de hardware e ganho de espaço:** com a execução em simultâneo de vários sistemas operativos diferentes no mesmo bloco físico em harmonia, garante-se a redução da pegada ecológica e custos de utilização/manutenção.
- **Otimização do hardware e recursos:** o *hypervisor* pode controlar vários *hosts*, equilibrando a capacidade disponível pelas máquinas virtuais e maximizando os recursos disponíveis na execução de tarefas.
- **Alta disponibilidade e redundância:** através da partilha de tecnologias como *cluster failover* ou *high availability* (HA), é possível reduzir o tempo de quebra de serviços em caso de falha do sistema físico.
- **Flexibilização de serviços:** como os sistemas são virtualizados, torna-se mais fácil para uma organização criar *backups*, clonar ou exportar uma máquina virtual para um sistema externo.

Por último, salientam-se os ganhos a nível de custos operacionais (OPEX) e redução das despesas com capital (CAPEX):

O CAPEX está principalmente relacionado com os custos de aquisição de equipamentos (Cisco Systems, 2010; CDW, 2018) enquanto que no OPEX se salienta a redução nos custos operacionais.

Um estudo levado a cabo para a VMWare em 2009 pela Enterprise Management Associates descobriu que “só por si, a virtualização permite poupar 16% nos custos operacionais do *datacenter* em energia e arrefecimento apenas – cerca de 700.00 USD por ano num *datacenter* de 5megawatt (...)” (tradução livre) (ENTERPRISE MANAGEMENT ASSOCIATES, 2009).

## 2.2 Trabalho relacionado

Tendo em conta que o AMBIVeRT é um laboratório virtual orientado ao ensino, este subcapítulo faz uma análise a outras soluções semelhantes. Encontram-se plataformas deste género online orientadas à formação empresarial e uso individual. Analisam-se de seguida algumas soluções disponíveis.

- **Cisco Learning Network** (<https://learningnetworkstore.cisco.com>)

A Cisco Systems, como referência mundial na área das redes de computadores, tem para alugar várias modalidades de laboratório remoto, que vão desde os 200 USD por 70 horas de equipamentos nível CCNA até aos 5999 USD por 558 dias por laboratório de nível CCIE. Cobre não só certificações técnicas na área de redes, mas também de *VoIP*, *datacenter*, *business*, etc. Tem não só uma parte técnica com simulação e laboratórios, mas também toda a rede de aprendizagem à disposição com conteúdos, livros, vídeos, fóruns de partilha e ajuda. Na parte de simulação, o acesso é feito via web diretamente no website.

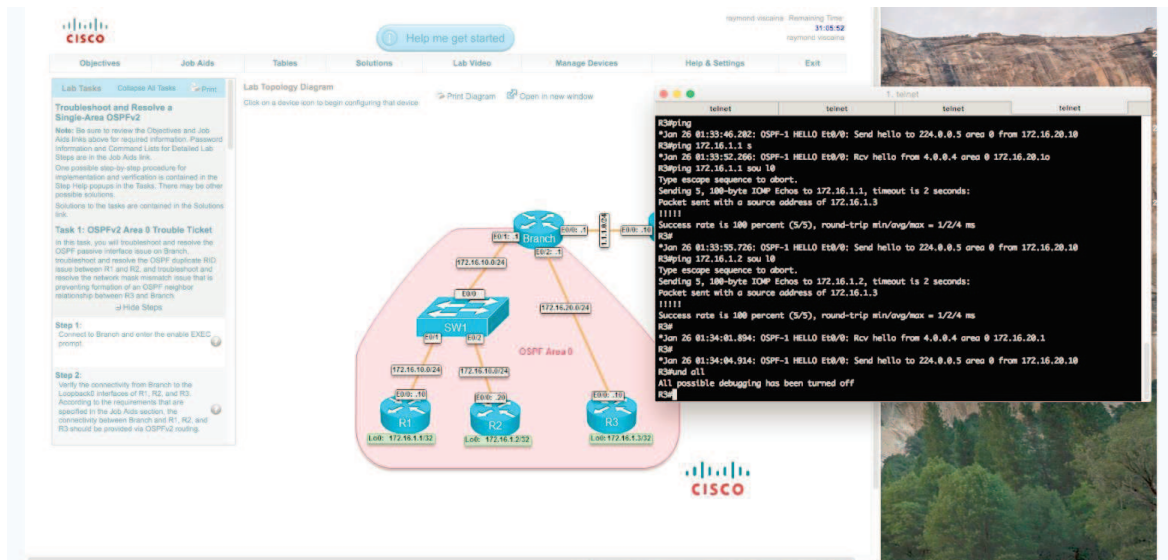


Figura 19 - Cisco Learning Labs

- **SharonTools** (<http://www.sharontools.com>)

Sharon Saadon e Artiom Lichtenstein são dois engenheiros Israelitas que resolveram construir um blog sobre as ferramentas e laboratórios que têm, oferecendo à comunidade internauta acesso gratuito aos seus equipamentos de rede. Não é orientado ao ensino como a plataforma da Cisco, sendo uma solução livre e feita “de boa vontade” pelos autores. A interface com os equipamentos é via linha de comandos enquadrada na página web.

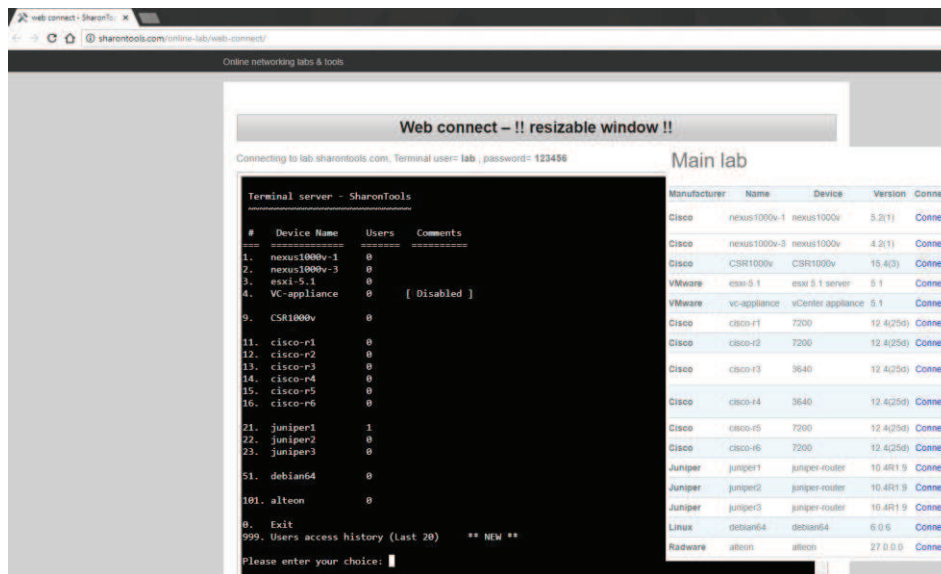


Figura 20 - SharonTools online lab

- **EVE-NG Cloud / UNL Cloud (<http://www.unlcloud.com/>)**

Os fundadores do EVE-NG disponibilizam esta versão web que passa por alugar poder de processamento e uma máquina virtual com EVE-NG. Na página oficial é possível localizar o calendário onde o utilizador pode agendar tempo no laboratório. São anunciadas funcionalidades, como acesso via HTML5, importação e exportação de laboratórios, transposição rápida de uma rede real, manuais e conteúdos. A nível de preços, por exemplo, por 4 USD/hora o laboratório inicial ao nível CCIE R&S oferece 10vCPU+16GB RAM, agendamento online, imagens dos equipamentos e acompanhamento via Microsoft Skype ou Cisco Jabber por um instrutor certificado. Tem uma versão grátis online, no entanto, não se encontra disponível de momento. Se optar por segurança são incluídas *firewall* físicas. Para além de Cisco, tem cursos de Microsoft, Juniper, AWS, etc.

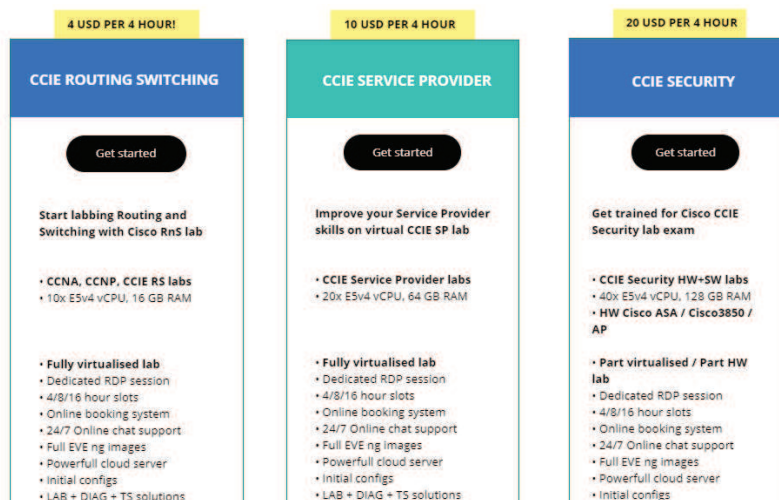


Figura 21 - EVE-NG cloud

- **GNS3 Academy (<https://academy.gns3.com>)**

A GNS3 também aderiu às plataformas online, com a introdução da Academia GNS3. Tem conteúdos pagos e grátis. A título de exemplo, um curso CCNA situa-se nos 39USD, estando o

nível mais avançado CCNP nos 50USD por módulo. De um filme de demonstração percebe-se que existe um ambiente virtual de configuração dos equipamentos (figura seguinte). O funcionamento é diferente: não existe apenas a forma online sendo dada a possibilidade ao aluno de descarregar os conteúdos, laboratórios, etc. Cobrem atualmente uma panóplia de empresas e tecnologias como Cisco, Linux, Ansible, Python, etc.

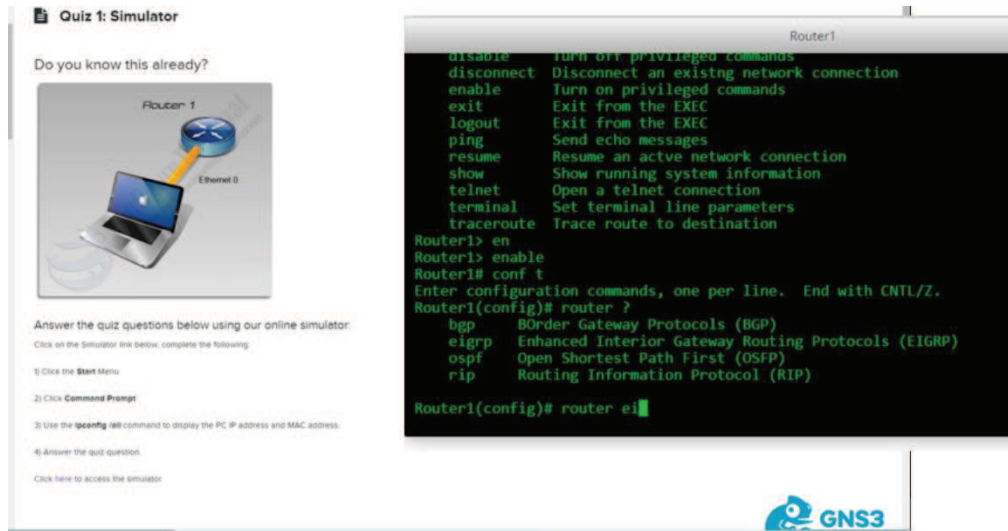


Figura 22 - GNS3 academy

- **Internetwork Training** ([www.internetworktraining.com](http://www.internetworktraining.com))

Esta plataforma destina-se à formação Cisco CCNA. Oferece cursos em vídeo, simulação via página web, livros, brochuras, jogos interativos de iniciação às redes e simuladores online. Tem alguns conteúdos grátis imediatamente após o registo. A versão paga custa atualmente 39€ por 6 meses. No curso guiado, garantem 100% de passe neste exame e a devolução do valor em caso de reprovação (<https://www.internetworktraining.com/bootcamp.aspx>).

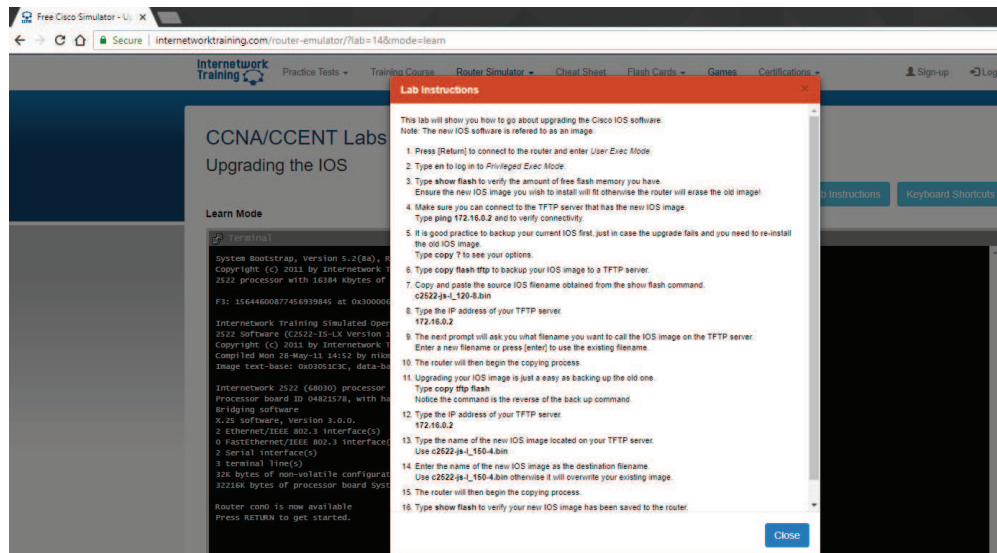


Figura 23 - Internetwork Training

- **NDG NETLAB +** (<https://www.netdevgroup.com>)

Disponibilizado pela Network Development Group, empresa especializada em formação, sendo a orientação do negócio tendencialmente para empresas e academias. Não se limita à



área de redes Cisco, tendo cursos de Linux, VMWare, Palo Alto, etc. Existem pacotes individuais a partir de 40USD (ex. introdução EMC *storage*) por estudante para 6 meses, que não incluem certificações Cisco. A nível coletivo, os preços começam nos 9995 USD para uma turma de 16 alunos. O curso inclui instalação de hardware físico no local e formação ao administrador de sistemas.

Na vertente online, é possível executar uma versão de demonstração de Linux Essentials (figura seguinte), onde se pode observar uma excelente conjugação da linha de comandos Linux no lado direito com os conteúdos pedagógicos do lado esquerdo.

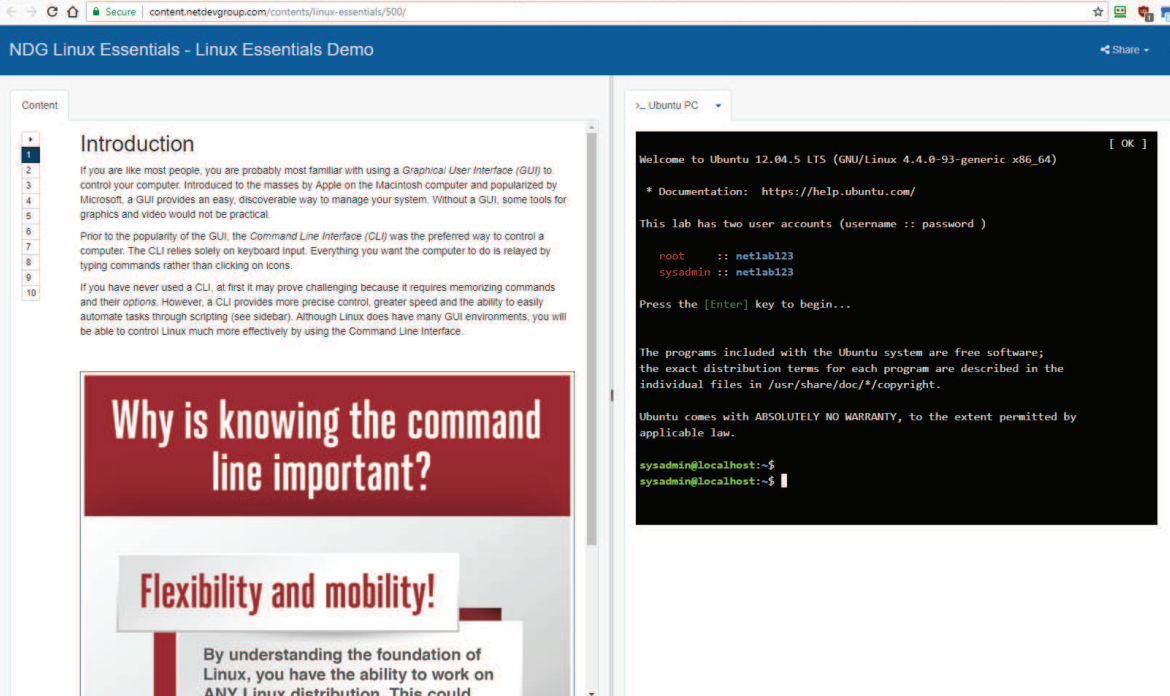


Figura 24 - NDG NETLAB+

De seguida analisam-se, na forma de tabela, as várias plataformas. É feita uma distinção para Cisco Systems e respetiva formação CCNA pois esta é porta de entrada da maior parte dos profissionais em IT (Odom, 2018).

Tabela 9 - Comparativo de plataformas de aprendizagem

Plataforma	Orientado ao ensino	Marcas disponíveis	Apenas formação CCNA	Preço de referência de entrada <sup>15</sup>	Forma de acesso
Cisco Learning Network	Sim	Cisco	Não	200USD CCNA 70horas, 180 dias	Via página WEB no site oficial
SharonTools	Não	Cisco, VMWare, Linux, Juniper, Radware	N.D. (não orientado à formação)	Grátis	Via página WEB no site oficial Via cliente telnet no PC
EVE-NG Cloud / UNL Cloud	Sim	Amazon, Cisco, Checkpoint, Palo Alto, Juniper, F5, +++++	Não	4USD/hora CCIE R&S LAB Por um rack com 10vCPU, 16GB RAM + EVE-NG	N.D. (informação não disponibilizada)
GNS3 Academy	Sim	Cisco, Juniper, Ansible, Python, Wireshark, Linux, +++++	Não	39USD Cisco CCNA with GNS3 Inclui 40h de vídeo, simulações e laboratórios	Via página WEB ou localmente no PC do aluno
NDG NETLAB +	Sim	Cisco, Linux, VMWare, Palo Alto, EMC, Security & Forensics	Não	Solução orientada a instituições. 1995USD por 1 técnico + 16 pods (16 alunos) por 1 ano inclui hardware. Individual <40USD por 6 meses de formação EMC	Via página WEB no site oficial Curso com instalação de equipamento e formador no local
Internetwork Training	Sim	Cisco	Sim	157€ Online CCNA Inclui 13+horas de vídeo, e-books, laboratórios online, <i>cheat-sheets</i>	Via página WEB no site oficial

<sup>15</sup> Preços retirados em outubro de 2018 do site oficial de cada um dos fabricantes. Preços apenas de referência.

## 2.3 Tecnologias existentes

### 2.3.1 Soluções hypervisor tipo 1

Neste subcapítulo descrevem-se algumas das soluções de virtualização mais conhecidas e utilizadas nas TI (Posey, 2015; Davis, 2013; Network Computing, 2015):

- **Oracle VM Server** (<https://www.oracle.com/virtualization/index.html>)

Oracle VM Server é o *hypervisor* construído pela Oracle para colmatar a falha que tinha neste segmento de mercado. É baseado no sistema *open-source*<sup>16</sup> Xen. Tem uma versão livre com limitações, quando comparada com outras soluções no mercado. Para ter suporte oficial e atualizações é necessário adquirir a versão paga. Ser certificada pela Oracle é um aspeto positivo desta solução, garantindo-se um elevado grau de compatibilidade com outras soluções desta companhia de reconhecido valor (ex. bases de dados Oracle, Java VM, serviços Big Data Oracle, etc.).

- **Citrix Hypervisor** (<https://www.citrix.com/products/citrix-hypervisor/>)

Citrix Hypervisor (ex-XenServer) é uma solução já com alguns anos que começou como um projeto *open-source*. O *hypervisor* é livre e limitado a nível de funcionalidades na versão gratuita, tendo uma versão paga mais completa. É um *hypervisor* estável, contudo de menor dimensão e com suporte mais limitado que outras soluções concorrentes (ex., Microsoft ou VMWare (Higashi, 2018)).

- **VMware vSphere Hypervisor** (<https://www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor.html>)

A VMWare, com as soluções VMware vSphere Hypervisor<sup>17</sup> (grátis) ou VMWare vSphere Standard (pago) é, atualmente, um dos líderes no mercado de virtualização (Davis, 2013; Iperiusbackup.net, 2018), tendo estas soluções já alguns anos e bastante maturidade.

A versão livre inclui o *hypervisor* e uma interface gráfica bastante boa, não tendo limitação de vCPU ou memória RAM e inclui algumas funcionalidades básicas a nível de *storage*, *networking*, *snapshots* e *memory over-commitment*. Contudo, não oferece as funcionalidades mais avançadas como vMotion, alta disponibilidade ou gestão centralizada de todo o hardware. Para isso, é necessária uma licença de vCenter, que é paga (Vmware.com, 2018). Limita a 10 interfaces por máquina virtual.

Possui uma grande base de dados de artigos de ajuda - *Knowledge Base* (KB)<sup>18</sup>, que acaba por ser preciosa na altura de fazer a administração e configuração do sistema. Por ser tão amplamente utilizado, alguns dos simuladores de redes descritos no próximo subcapítulo já são compilados para este sistema.

- **Microsoft Hyper-V** (<https://docs.microsoft.com/en-us/virtualization/index>)

Hyper-V é a solução de virtualização da Microsoft para o mercado empresarial. Tem total compatibilidade com sistemas Microsoft, sendo esta a sua força, e pode ser o mais indicado para *datacenters* de menor dimensão, que exigem menos funcionalidades. A sua maior

---

<sup>16</sup> Open-source ou software livre são programas que podem ser usados sem custos para o utilizador.

<sup>17</sup> O VMWare vSphere Hypervisor era até há pouco tempo conhecido como VMWare ESXi.

<sup>18</sup> Knowledge Base ou base de conhecimento consiste numa base de dados de artigos, howto, procedimentos técnicos que os fabricantes constroem e disponibilizam aos seus clientes ou público em geral. Alguns exemplos são VMWare, RedHat, Microsoft, Nokia.



limitação é a incompatibilidade com sistemas operativos não-Microsoft e complicações que podem surgir da instalação de correções/*patches*, que criam problemas enquanto corrigem outros (Martin, 2015; Corradini, 2018)).

- **KVM** ([https://www.linux-kvm.org/page/Main\\_Page](https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page))

KVM ou Kernel-based Virtual Machine é um sistema de virtualização com base em Linux que pode ser instalado na maior parte das versões de Linux existentes, permitindo correr VMs com Linux ou Windows. É um projeto *open-source*, suportado pela comunidade, e conta com o suporte da RedHat e OpenStack. Relativamente a desvantagens, a configuração inicial pode ser complicada e tem pouca flexibilidade na gestão do processador e memória do sistema subjacente (Network Computing, 2015; Higashi, 2018).

Abaixo sumarizam-se as vantagens e desvantagens de cada um destes *hypervisors*:

**Tabela 10 - Comparativo de hypervisor**

Hypervisor	Vantagens	Desvantagens
Oracle VM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilidade com outras soluções Oracle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exige bons conhecimentos de Linux e <i>systemd</i>.</li> <li>• Certas funcionalidades simples (por exemplo utilizadores com privilégios diferentes) presente nos outros sistemas não estão ainda presentes neste <i>hypervisor</i>.</li> </ul>
Citrix Hypervisor (ex-XenServer)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superior na componente de virtualização gráfica.</li> <li>• A Citrix é especialista em software de lançamento remoto de apps, refletindo-se essa experiência no XenServer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complexo na integração e configuração.</li> <li>• Performance abaixo da concorrência.</li> </ul>
VMWare vSphere Hypervisor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande leque de suporte a outras aplicações ou sistemas operativos.</li> <li>• Solução com muitos anos e madura.</li> <li>• Boa base de artigos de ajuda e informação online.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É limitado na versão grátis sendo necessário pagar para ter funcionalidades avançadas.</li> <li>• A nova interface web para acesso e gestão ainda necessita de evoluir bastante.</li> <li>• Limitado a 10 interfaces por máquina virtual.</li> </ul>
Microsoft Hyper-V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analogamente ao hypervisor da Oracle, este também desfruta de superior compatibilidade com produtos Microsoft.</li> <li>• O ambiente de gestão é semelhante ao Windows o que pode ser uma grande vantagem para o administrador já familiarizados com estes sistemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surgem problemas com sistemas não-Microsoft.</li> <li>• Gestão e criação de redes virtuais pode ser complicada.</li> <li>• Qualidade das correções e <i>patches</i>.</li> </ul>
KVM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Open-source</i> e 100% grátis.</li> <li>• Sendo parte do Linux tem todos os benefícios e características de uma distribuição Linux.</li> <li>• É mantido na comunidade contando com a participação da RedHat e OpenStack.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exige conhecimentos e investigação para entender e instalar.</li> <li>• Desenhado para ser gerido por linha de comandos o que o torna muito pouco <i>user-friendly</i>.</li> </ul>

### 2.3.1.1 Fatores relevantes na escolha do hypervisor

Ao nível de hypervisor os principais fatores a ter em conta são (Posey, 2015; Chesley, 2012):

- **Custos iniciais e de manutenção.** Esta primeira parte engloba o custo inicial, no caso de ser uma solução paga, e licenças adicionais para suportar funcionalidades ou hardware futuro.
- **Renome e suporte online.** Consiste no impacto e abrangência do software no mundo IT e na Internet em geral, o que se pode traduzir em maior número de informação disponível, facilidade em encontrar artigos, tutoriais e ajuda online.
- **Sistemas a virtualizar.** É muito importante considerar os sistemas operativos ou aplicações que vão ser virtualizados, pois a retrocompatibilidade entre os sistemas é providenciada pelo hypervisor.
- **Hardware subjacente.** Este é o componente que faz o esforço de processamento, logo é importante avaliar as características do *hypervisor* em função do hardware. O tipo de arquitetura e suporte para instruções específicas nos processadores são fatores importantes. Existem tabelas que os fabricantes de *hypervisor* facultam para este estudo. Por exemplo, a VMWare disponibiliza esta lista em <https://www.vmware.com/resources/compatibility>.
- **Performance e fiabilidade.** Devem ser considerados as aplicações na camada superior, o *hypervisor* e o hardware como um todo, tendo em mente a maximização da performance e fiabilidade do sistema.
- **Retorno do investimento (ROI).** Após a comparação das várias tecnologias, os prós e contras de cada, deve ser avaliado o ROI, o investimento inicial monetário, a quanto tempo será o retorno do investimento na virtualização e a sua viabilidade.

### 2.3.2 Simuladores de redes

Os simuladores de redes surgiram numa altura em que se dá o boom da indústria das redes de computadores e começa a ser necessário simular cenários de redes sem ter equipamentos físicos à disposição. Os simuladores, como qualquer outro programa informático, necessitam de recursos e atualizações periódicas para funcionar e acompanhar a evolução da tecnologia.

Antes de passar à descrição de alguns dos simuladores, é importante definir a diferença entre simulação e emulação: simulador consiste num sistema que foi criado para imitar o funcionamento de outro, enquanto que um emulador replica o sistema real. Aplicando esta regra às soluções descritas nas próximas páginas, emulador de redes é, por exemplo, um programa que corre uma cópia exata de um sistema operativo de um router, enquanto que um simulador é desenhado para ter um comportamento igual ao do router. Em *saucelabs.com* encontra-se a seguinte descrição para emulador: "(...) emuladores são o passo intermédio entre simulador e o equipamento real. Emuladores são, essencialmente, hardware que está algures numa rede distante a funcionar sob uma ou mais versões do próprio sistema num ambiente virtual(...)" (tradução livre) (Rohrman, 2017).

Embora nesta dissertação se descreva, de forma genérica, todos os softwares como "simuladores", alguns dos programas do próximo subcapítulo são simuladores, enquanto outros, emuladores.

Seguidamente, descrevem-se os simuladores de redes mais conhecidos e utilizados (Katuntsov et al., 2017; Douz, 2017).

- **Cisco Packet Tracer** (<https://www.netacad.com/courses/packet-tracer>)

Este é, possivelmente, o simulador mais conhecido globalmente por estudantes do ensino secundário e superior. Isto deve-se, principalmente, ao programa de academias Cisco e à certificação profissional CCNA.

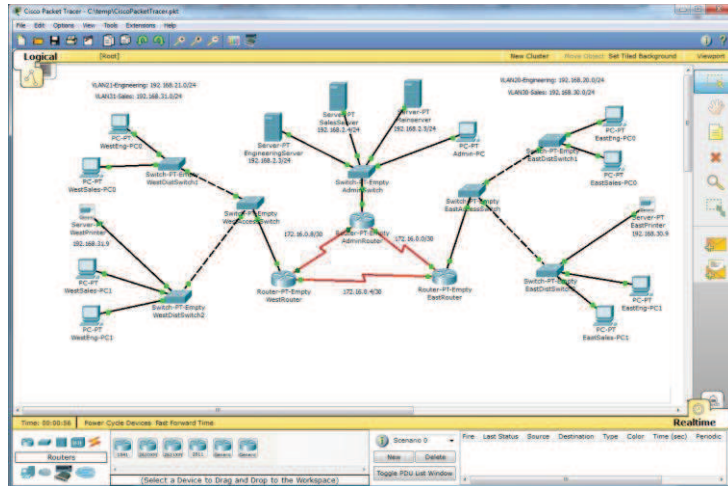


Figura 25 - Cisco Packet Tracer

O Cisco Packet Tracer apresenta uma curva de aprendizagem suave, uma interface gráfica apelativa, e é adequado para compreender os aspetos básicos e fundamentais das redes de computadores. A sua maior limitação, em comparação com outros simuladores, reside na criação de cenários de rede mais avançados. Após algum tempo de utilização, também é normal começar a observar erros na resposta dos equipamentos simulados. Pesquisando por “*packet tracer limitations bug*” em <https://learningnetwork.cisco.com/> encontram-se discussões acerca deste tópico.

É um software livre para utilização após o registo na academia Cisco (que é grátis).

- **Cisco VIRL** (<http://virl.cisco.com/>)

VIRL ou Virtual Internet Routing Lab foi a resposta da Cisco Systems a emuladores mais avançados, como o GNS3 (<https://www.gns3.com/>) e EVE-NG (<http://www.eve-ng.net/>). Sendo relativamente recente, tem algumas limitações: não suporta mais de 20 nós<sup>19</sup> em simultâneo, é pesado em termos de requisitos mínimos no sistema e a sua configuração é complexa (Thomas, 2017). Correntemente, suporta apenas equipamentos Cisco Systems.

O Cisco VIRL traz funcionalidades novas em relação ao Cisco Packet Tracer, introduzindo um novo tipo de imagens dos sistemas operativos deste fabricante, que recebem atualizações regularmente. Os tipos de imagens disponíveis são CSR1000V, Nexus, ASA, vIOS-L2 e xIOS-L3.

19 Por “nós” pode entender-se elementos, routers, switches, etc.

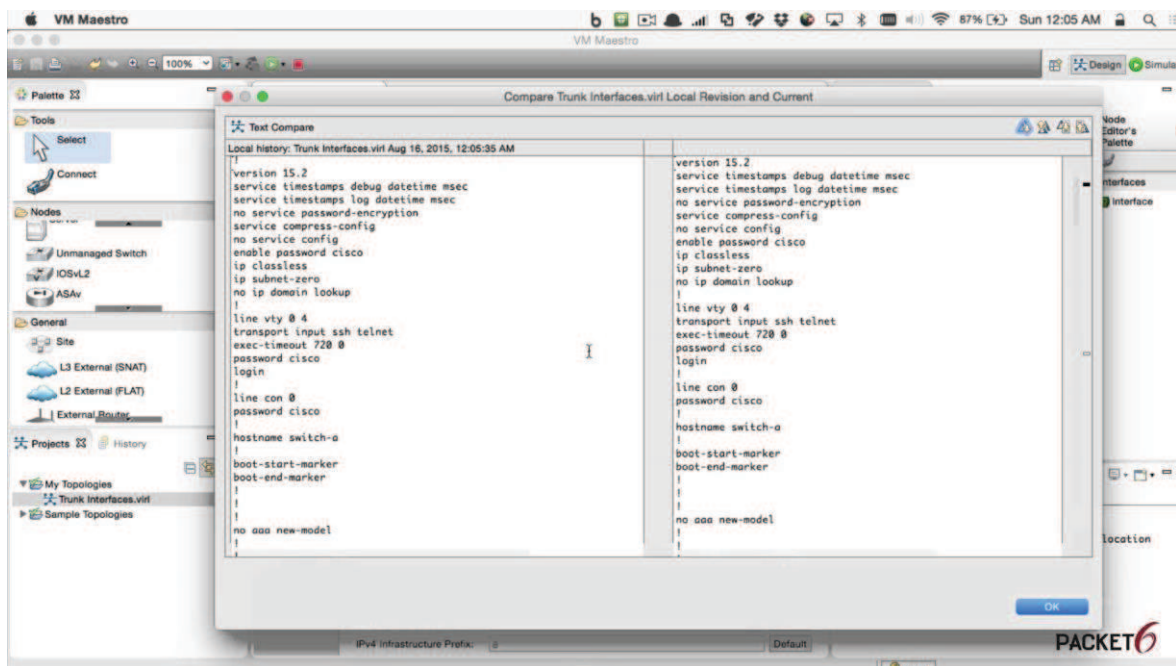


Figura 26 - Cisco VIRL (Flackbox.com, 2018)

Este software é pago através da compra de licenças anuais à Cisco Systems.

Por último, é importante referir que muitos utilizadores subscrevem esta aplicação apenas para ter acesso legal às imagens dos equipamentos (em formato .vmdk ou .qcow2), para depois utilizar noutros simuladores.

- **EVE-NG (spinoff do Unified Networking Lab)** (<http://www.eve-ng.net/>)

O Unified Networking Lab começou por ser um projeto desenvolvido em 2011 por um engenheiro italiano, que estava insatisfeito com os simuladores/emuladores disponíveis na altura, tendo optado por desenvolver o próprio emulador, lançando assim o UNetLab em 2014 (Routereflector.com, 2018). Em simultâneo, houve um grupo de utilizadores que resolveu prosseguir em paralelo o desenvolvimento do UnetLab, tendo culminado no lançamento do emulador EVE-NG em 2017.

O EVE-NG tem vantagens em relação aos softwares anteriores: o limite de nós é alargado (64 numa versão livre e 1024 na versão paga), suporta trabalho cooperativo nos laboratórios, rápida construção de topologias de rede e caixa de conversa (*chat*) para troca de mensagens. A sua instalação é de complexidade acessível, contudo exige alguns conhecimentos de Linux. Possibilita também a importação/exportação de configurações, etc.

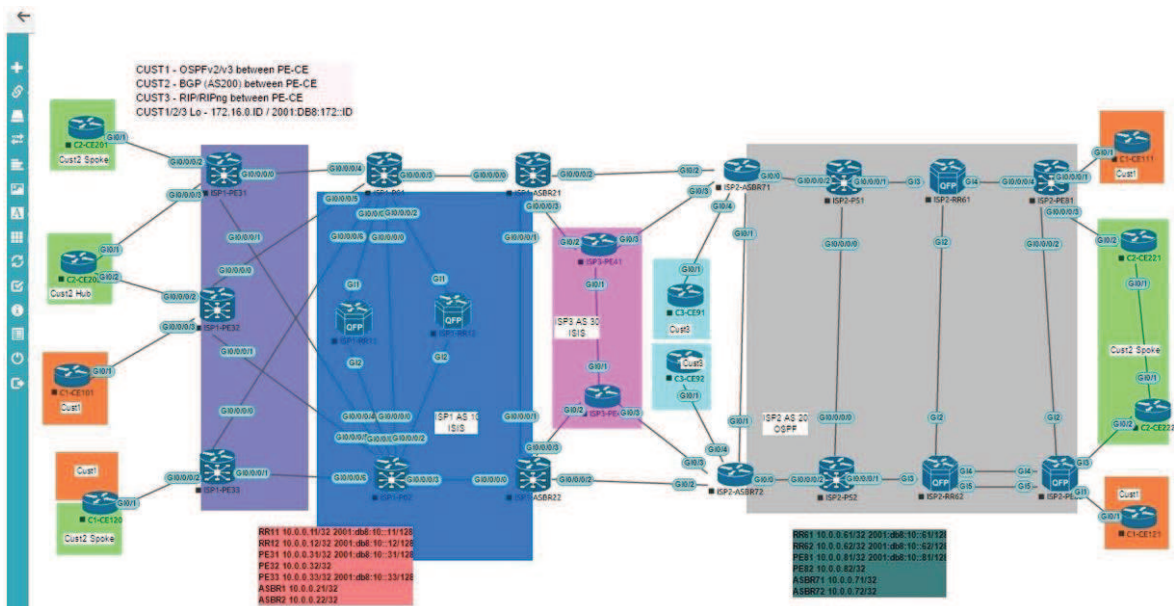


Figura 27 - EVE-NG (EVE-NG, 2017)

Detém, atualmente, uma versão grátis de comunidade e duas versões pagas, sendo que a maior parte das características acima apenas estão disponíveis nas versões pagas. A lista completa de funcionalidades pode ser encontrada em <http://www.eve-ng.net/features/compare>. O desenvolvimento é, maioritariamente, feito pelos fundadores e possui uma pequena comunidade em crescimento, sendo relativamente fácil encontrar informação de ajuda na Internet.

Para além do valor pedido pelas versões pagas (que trazem mais vantagens), é necessário ao utilizador ter as imagens dos equipamentos de rede que pretende simular. Por exemplo, para simular um router Cisco, o utilizador deve ter a imagem do sistema operativo em formato original .BIN ou .vmdk / .qcow2 (Cisco VIRL).

- **GNS3 (Graphic Network Simulator 3)** (<https://www.gns3.com/>)

No que começou por ser um software utilizado para certificações Cisco (Bombal and Duponchelle, 2018), o GNS3 evoluiu para uma ferramenta completa, multifuncional, robusta e com grande potencial. É um emulador *open-source* sob licenciamento GPLv3<sup>20</sup> e à semelhança do EVE-NG, necessita que o utilizador possua as imagens dos equipamentos a utilizar. Não tem limitação no número de nós, sendo “apenas” necessário fazer o estudo do hardware a que está subjacente. É altamente dependente da qualidade das imagens de elementos de rede que são introduzidas.

Passou por uma campanha de *crowdfunding* em 2014 para angariar 35.000 USD com o objetivo de modernizar a plataforma e suas ferramentas, contudo superou as expectativas. Segundo a página de notícias [prweb.com](http://prweb.com) a “GNS3 Technologies tem a felicidade de anunciar que a campanha de *crowdfunding* que decorreu na plataforma Tilt Open atingiu o *status* de recordista. Os modestos objetivos de 35.000 USD foram batidos em 1400%, angariando mais de 600.000 USD de contribuições de mais de 80 países. O financiamento vai permitir

<sup>20</sup> GPLv3 significa que um programa é livre e o seu código fonte, aberto. Contudo o código não pode ser copiado para fazer um programa alternativo e todas e quaisquer alterações ao código fonte devem ser divulgadas na comunidade.



desenvolver mais o software GNS3..." (tradução livre) (BLACKWELL, 2014). Mantem-se, até à data, a campanha mais bem-sucedida neste site.

Usando como base outros programas de simulação por linha de comandos (DynaMIPS e Dynagen) (Welsh, 2014), o GNS3 é dotado de um ambiente gráfico fácil e consistente, tendo sido adotado por milhares de profissionais da área (Bombal and Duponchelle, 2018). Devido à sua abrangência e idade possui uma extensa comunidade na Internet com tutoriais, ajudas e participação de vários fabricantes, que apelam aos utilizadores desta aplicação para promover software próprio.

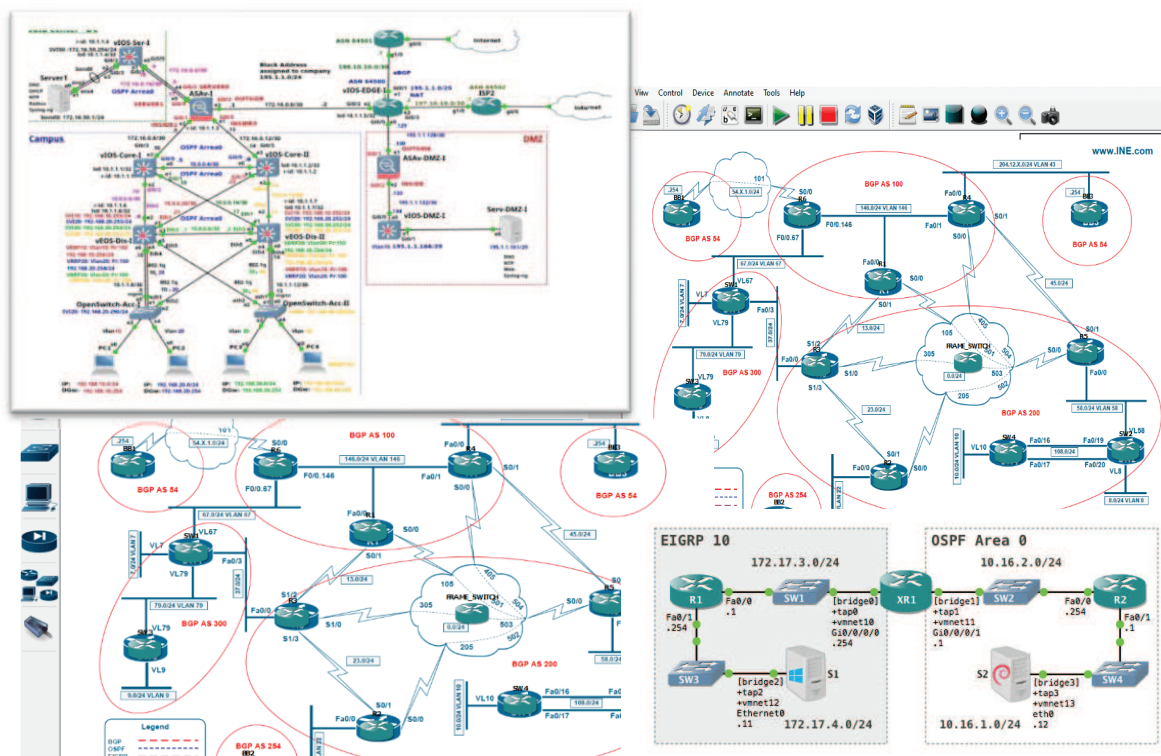


Figura 28 - Exemplos de topologias de rede no simulador GNS3

Na tabela seguinte, resumem-se as vantagens e desvantagens de cada um destes simuladores/emuladores.

**Tabela 11 - Comparativo de simuladores / emuladores**

Simulador / Emulador	Vantagens	Desvantagens
Cisco Packet Tracer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil instalação de um software chave-na-mão com tudo incluído.</li> <li>• Orientado ao ensino, é ideal para quem inicia estudo de redes Cisco.</li> <li>• Grátis com registo na academia Cisco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos 4 aqui referenciados é o único simulador (não-emulador), ou seja, é desenhado para ter comportamento igual ao dos equipamentos originais, o que origina bugs e crashes.</li> <li>• Suporta maioritariamente equipamentos Cisco ao nível CCNA.</li> </ul>
Cisco VIRL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suporta a maioria dos equipamentos Cisco.</li> <li>• Utiliza imagens oficiais Cisco de grande qualidade que são constantemente atualizadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É pago.</li> <li>• Não suporta mais de 20 nós em simultâneo.</li> <li>• É pesado em termos de requisitos mínimos.</li> </ul>
EVE-NG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simples utilização.</li> <li>• Gestão e acesso é feito via página web, não sendo necessárias ferramentas de terceiros para o acesso.</li> <li>• Introduce certas funcionalidades orientadas ao ensino na versão paga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versão grátis é extremamente limitada, sendo necessário pagar para mais funcionalidades.</li> <li>• Exige conhecimentos de Linux na configuração e gestão.</li> </ul>
GNS3 (Graphic Network Simulator 3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É completamente grátis e <i>open-source</i>.</li> <li>• Possibilita a ligação a simuladores e softwares de virtualização o que permite recriar praticamente qualquer rede ou ambiente de computadores.</li> <li>• É muito eficiente na gestão de recursos físicos.</li> <li>• Conta com uma grande comunidade internauta e conteúdos pedagógicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A instalação inicial tem alguma complexidade o que exige investigação e persistência no processo.</li> <li>• O utilizador necessita de ter as imagens oficiais dos equipamentos e/ou cópia legal sistemas que pretende emular.</li> </ul>

### 2.3.2.1 Fatores relevantes na escolha do simulador de redes

Ao nível de software de simulação de redes, existem também fatores a ter em conta aquando da decisão de qual o programa certo:

- **Leque de marcas pretendidas:** na escolha, o utilizador deve ponderar se pretende simular apenas equipamentos de um fabricante (ex. Cisco Systems) ou de vários fabricantes.
- **Sistema subjacente onde irá correr o simulador:** os programas descritos fazem a simulação ou emulação de equipamentos reais, podendo ser bastante vorazes no consumo de recursos da máquina. É assim, necessário estimar o número de equipamentos que irão existir no ambiente virtual.
- **Preços e custos:** existem simuladores pagos (VIRL), completamente grátis (GNS3, Packet Tracer) e de versões pagas e grátis (EVE-NG). No caso particular do GNS3 e EVE-NG, é indispensável que o utilizador tenha as imagens dos equipamentos que pretende simular, o que pode acarretar custos.

- **Funcionalidades necessárias:** atualmente, os simuladores já não se focam apenas na simulação de 2 ou 3 routers/*switches*, sendo já possível recriar uma rede inteira empresarial, com geradores de tráfego e máquinas Windows ou Linux.
- **Facilidade de encontrar informação online:** o nível de suporte que existe e se encontra é importante na decisão de escolha do simulador, pois impacta diretamente a capacidade de instalação e configurações iniciais, bem como na manutenção e suporte contínuo que vai sendo feito no sistema.

Este último ponto é muito importante, pois independentemente do trabalho inicial, surgem sempre novas funcionalidades, problemas e alterações ao longo do tempo. Ajuda, *howtos*, e uma comunidade bem enraizada online é vital para o sucesso e continuidade do projeto.



## 2.4 AMBIVeRT

O AMBIVeRT, objetivando a construção de um laboratório virtual orientado ao ensino, é desenhado com base em certas premissas, vindo, algumas delas, dos atores dos subcapítulos anteriores:

- **Utilização de software livre ou licença acadêmica vitalícia:** utilizar apenas software livre/grátis, sem restrições temporais ou licença gratuita/estudante. Um exemplo: para ensinar Microsoft Active Directory é imprescindível ter uma licença Microsoft Windows Server havendo, contudo, licenciamento gratuito deste sistema operativo para universidades.
- **Em tempo de vida e com suporte:** é importante garantir que os programas e soluções utilizadas tenham atualizações e *patches* de segurança durante os próximos anos de forma a garantir fiabilidade e longevidade do sistema.
- **Mais é menos:** seguindo esta máxima, é importante manter a interação aluno/utilizador com o projeto e o respetivo ambiente virtual o mais funcional e simples possível, garantindo que o tempo é dedicado à aprendizagem e não a resolver problemas de ligação. Note-se, sem comprometer o número de funcionalidades disponíveis.
- **Garantir a emulação:** considerando que se vai proceder à virtualização de sistemas, deve garantir-se que o funcionamento destes é exatamente igual à versão física. Num ambiente virtual de redes isto consegue-se utilizando emuladores que trabalham com as imagens do sistema original. Assim, garante-se que o comportamento é fidedigno e igual ao sistema “real”.
- **Comunidade Internauta:** grande parte do percurso profissional de um engenheiro IT passa por utilizar a pesquisa na Internet para encontrar materiais de apoio a questões e resolução de problemas. Quanto maior a abrangência de um software ou aplicação for, melhor será a experiência do aluno, e a facilidade de encontrar informação de suporte. Para melhor exemplificar esta “pesquisa online”, desdobra-se esta parte em 3 exemplos:
  - **Questões:** surgem constantemente dúvidas relativamente às aplicações utilizadas (exemplo: como ativar uma interface num router Cisco, como virtualizar uma máquina Linux no simulador de redes, etc.). É possível executar pesquisas na Internet por palavras chave e encontrar tutoriais, manuais e *howto* de como executar determinada operação.
  - **Problemas:** em caso de haver dificuldades com o ambiente de virtualização, aplicações, emulador de redes ou equipamento emulado/virtualizado pesquisa-se por *logs* de erros, o cenário em teste, falha, etc. É comum o utilizador deparar-se com erros que outros já tiveram e divulgaram online.
  - **Materiais de apoio:** tendo em conta que se trata de um projeto orientado ao ensino, é importante que o simulador de redes tenha grande penetração na Internet, o que significa que, na prática, vai ser possível encontrar na *web* laboratórios, “montagens”, cursos e miniaplicações feitos e partilhados por terceiros para este sistema. Isto vai potenciar o aluno e as suas capacidades autodidatas.

## 2.5 Síntese

Para além das soluções analisadas nos subcapítulos anteriores, existem muitas outras na Internet. À semelhança de qualquer outro software informático, os *hypervisor* e simuladores/emuladores de rede têm prós e contras, sendo difícil afirmar sobre melhor ou pior solução. Existem vantagens e desvantagens nos vários programas, devendo ser pesados diversos fatores no momento da decisão, sendo habitual encontrar na Internet inúmeros artigos com comparativos das várias soluções existentes.

Do trabalho relacionado com ambientes virtuais de aprendizagem, encontram-se online algumas soluções muito bem conseguidas, conjugando um ambiente puramente académico de teoria e exercícios com uma vertente de simulação.

O AMBIVeRT, sendo um projeto essencialmente académico, procura, com o menor investimento possível, fornecer não só um ambiente virtual de redes, mas toda uma experiência de trabalho e troubleshooting em IT, que visa preparar os alunos e profissionais das tecnologias de informação o melhor possível para o mercado de trabalho profissional.

### 3 Arquitetura proposta

Neste capítulo descrevem-se as funcionalidades e requisitos do sistema, bem como cada parte que o constitui.

#### 3.1 Requisitos do sistema

Numa sala de aula existem tarefas e objetivos normalmente pedidos aos alunos que devem ser executáveis no AMBIVeRT. Enumeram-se de seguida alguns desses objetivos:

- Fazer a ligação entre computadores e equipamentos de redes (ex. routers, switches, hubs, etc.).
- Efetuar capturas de tráfego entre os elementos de redes para resolução de problemas e observação de comportamentos.
- Recolher *logs* ou erros para análise.
- Utilizar variados sistemas operativos instalados em computador ou servidor, que permitam ao docente lecionar diversas matérias.
- Testar a perda de serviço ou ligação, desligando “manualmente” um cabo de rede ou equipamento.
- Gerar tráfego de rede para testar diferentes cenários que emulam casos reais.



Figura 29 - Representação de um aluno numa aula de redes (Nap IT, 2018)

A sala de aula “clássica” tem as seguintes vantagens e desvantagens:

**Tabela 12 - Vantagens e desvantagens da sala de aula “clássica”**

Vantagens de uma aula de redes “clássica”	Desvantagens de uma aula de redes “clássica”
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O facto de se utilizar hardware físico, com bastidor e variados equipamentos permite dar aos alunos uma experiência prática, “mão-na-massa” dos elementos de rede.</li> <li>• Em caso de falha de um equipamento, podem utilizar-se outros à disposição para prosseguir com a classe.</li> <li>• A utilização de equipamentos físicos proporciona uma experiência mais próxima dos ambientes reais, ao nível das ligações elétricas, de cablagem LAN, de falhas inesperadas nas camadas 1 e 2.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caso falhe um equipamento este fica parado enquanto é revisto, reparado ou substituído, não podendo ser utilizado.</li> <li>• Na necessidade de se querer lecionar outras matérias que envolvam aquisição de equipamentos, é necessário passar pelo processo de compra, o que pode levar tempo.</li> <li>• É necessária a aquisição frequente de material para acompanhar a evolução da tecnologia, o que pode exigir um investimento financeiro muito elevado.</li> <li>• Número de equipamentos disponíveis é limitado pelo orçamento, espaço e logística.</li> <li>• É essencial comprar cabos para fazer as ligações dos elementos à rede elétrica.</li> <li>• É indispensável que alunos e docentes estejam fisicamente no local de formação.</li> </ul>

Por sua vez, o AMBIVeRT vem responder e colmatar algumas das limitações da sala de aula “clássica” bem como adicionar algumas funcionalidades. Enumeram-se na tabela seguinte as vantagens e desvantagens de uma sala utilizando um ambiente virtualizado:

Tabela 13 - Vantagens e desvantagens da aula de redes virtualizada

Vantagens de uma aula de redes virtualizada	Desvantagens de uma aula de redes virtualizada
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O custo de exploração é inferior, principalmente em cenários complexos, com muitos equipamentos.</li> <li>• Na falha de um equipamento pode-se, com um clique do rato, reiniciar esse equipamento e o problema é resolvido.</li> <li>• Adicionar novos equipamentos a uma simulação ou laboratório torna-se uma ação de segundos, sendo o número de equipamentos apenas limitado pela potência do hardware de virtualização.</li> <li>• Na hipótese de se introduzir outras marcas/matérias basta carregar esse equipamento na simulação. Poderá ser necessário introduzir a licença ou imagem previamente, contudo, esse é um processo de minutos.</li> <li>• Problemas que advêm da utilização ou falta de cablagens deixam de existir.</li> <li>• Com ligações remotas, docentes e alunos deixam de estar vinculados à deslocação e horário da instituição de ensino.</li> <li>• Possibilidade de utilização de laboratórios já desenhados pelos próprios e por terceiros (conceito de comunidade).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O ambiente de virtualização funciona sobre um servidor ou servidores físicos. Na falha parcial ou total de um destes sistemas, todo o ambiente de aprendizagem poderá ficar afetado.</li> <li>• É necessário haver um bom estudo das soluções que são utilizadas por forma a não perturbar ou comprometer a estabilidade geral do sistema.</li> <li>• A escalabilidade pode ser problemática em termos de desempenho.</li> </ul>

## 3.2 Funcionalidades do sistema

Relativamente ao ensino de redes, este ambiente virtual deve oferecer as seguintes funcionalidades no geral:

- **Ambientes separados/Sandbox**<sup>21</sup>: cada aluno/grupo/pessoa deve ter o seu próprio ambiente de testes e simulação sem influenciar ou afetar os demais.
- **Acesso ao ambiente**: o acesso ao ambiente virtual deve ser feito sob a forma de ambiente remoto simples, ou seja, utilizando um computador com aplicações de acesso remoto gráfico, linha de comandos ou página web.
- **Acesso remoto**: deve ser permitido o acesso remoto via Internet ao laboratório de redes. Tendo em conta que é um acesso via rede pública, deve ser seguro e confidencial.



Figura 30 - Representação do acesso remoto via Internet

- **Multimarcas**: possibilidade de utilizar vários modelos e marcas. Não só de routers ou *switches*, mas também sistemas operativos como Linux, MacOS, FreeBSD, Windows, etc.
- **Emulação**: o comportamento dos sistemas virtualizados deve ser igual ao comportamento real.
- **Ambiente *always-on***: excetuando intervenção manual do administrador de sistema ou alguma falha inesperada, o ambiente virtual está sempre ligado e disponível 24x7.
- **Flexibilidade de laboratórios**: anteriormente, o docente fornecia em papel ou formato digital os esquemas das portas dos equipamentos físicos e os esquemas de ligações. Utilizando simuladores é possível providenciar um ficheiro com a simulação já montada e/ou com certas configurações feitas, poupando-se papel e tempo na ligação de cabos, testes, etc.

---

<sup>21</sup> Sandbox, caixa de areia em inglês, é um termo utilizado em IT para descrever um ambiente de teste onde pode ser executado código, programas ou aplicações de forma isolada sem qualquer intervenção ou influencia exterior (por exemplo, testar vírus ou aplicações maliciosas).

I. Configure uma rede Ethernet conforme a figura seguinte (configure a gateway nos PCs e o Telnet no router). Executando o comando ping, teste a conectividade entre os 3 dispositivos. Se não conseguir, faça a resolução do problema. (Desactive o protocolo CDP e os 'Keepalives' no router)

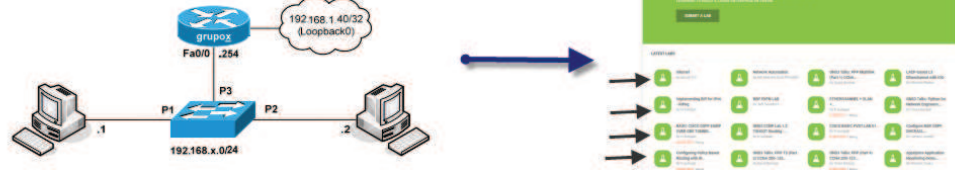


Figura 31 - Representação enunciado VS ficheiros de simulação.

- **Flexibilidade na avaliação:** no seguimento do ponto anterior, é importante referir que, escolhendo dar ao aluno um ficheiro de simulação, o professor pode optar por várias modalidades. Abaixo são apresentados 3 exemplos do tipo de flexibilidade:

Tabela 14 - Ficheiro de simulação em branco

Tipo	Topologia	Configurações
<p><b>Em branco</b></p> <p>É facultado ao aluno um esquema com a topologia de rede que deve montar e configurações que deve fazer.</p>	Não	Não

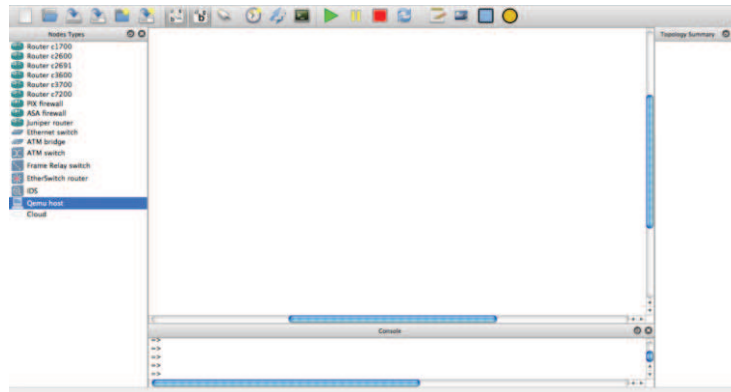


Figura 32 - Exemplo de um ambiente virtual "em branco"

Tabela 15 - Ficheiro de simulação parcialmente preenchido

Tipo	Topologia	Configurações
<p><b>Parcial</b></p> <p>É facultado ao aluno um ficheiro de simulação onde está definida a topologia e/ou parte da configuração, cabendo aos alunos cumprir com os objetivos pedidos.</p>	Sim	Sim/Não



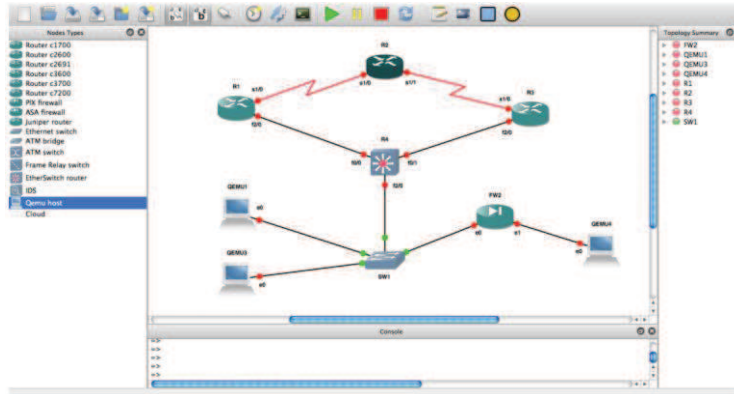


Figura 33 - Exemplo de um ambiente virtual com uma topologia montada

Tabela 16 - Ficheiro de simulação totalmente preenchido

Tipo	Topologia	Configurações
<p data-bbox="667 891 735 920" style="text-align: center;"><b>Total</b></p> <p data-bbox="349 929 1038 1032">O docente faculta ao aluno um ficheiro de simulação com a topologia e configurações dos elementos, cabendo ao aluno fazer o estudo e tirar conclusões consoante o que for pedido.</p>	Sim	Sim

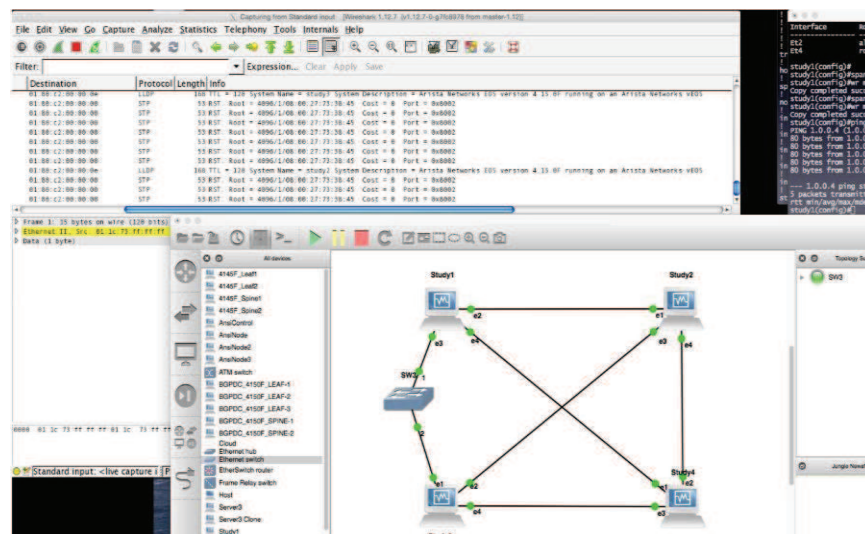


Figura 34 - Exemplo de um ambiente virtual configurado e em funcionamento com algumas ferramentas de deteção de problemas

- Utilização de ferramentas de resolução de problemas:** numa aula é comum a utilização de ferramentas de análise e despistagem de erros para resolver problemas e tirar conclusões técnicas. A figura seguinte exemplifica a utilização de um analisador de tráfego como o Wireshark, onde se pode receber mensagens IP entre duas máquinas:



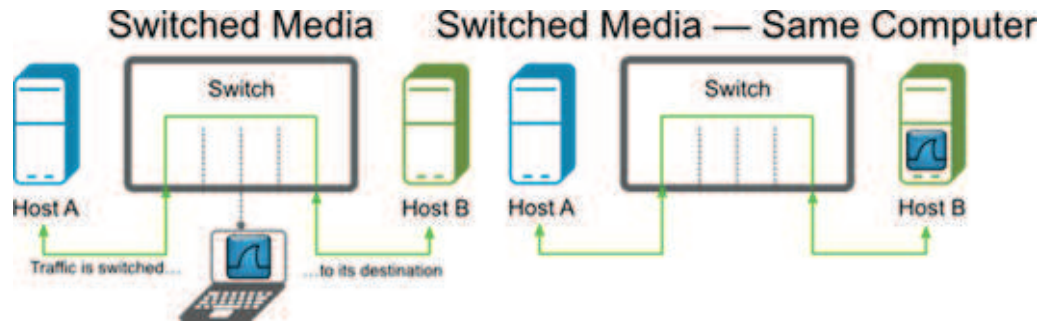


Figura 35 - Exemplos de 2 cenários de análise de tráfego com a ferramenta Wireshark (Wiki.wireshark.org, 2006)

- **Utilização de geradores de tráfego:** Num laboratório de redes, para certas simulações é necessário gerar determinado tipo de tráfego. Por exemplo, tentar controlar a largura de banda de tráfego de vídeo, ou gerar dados característicos de uma chamada de voz para testar regras e prioridades. Da mesma forma, também deve existir esta opção no ambiente virtual.

### 3.3 Arquitetura do sistema

Nesta secção é apresentada a proposta de arquitetura do sistema, nomeadamente os diagramas físicos e lógicos que mostram os diversos componentes e a forma como eles se interligam.

#### 3.3.1 Ligação ao AMBIVeRT

O AMBIVeRT funciona num servidor do *datacenter* do IPCB, como tal encontra-se ligado à intranet do IPCB e à Internet via rede IPCB. O acesso seguro ao AMBIVeRT por utilizadores que se encontram na Internet é feito por VPN com a firewall do IPCB.

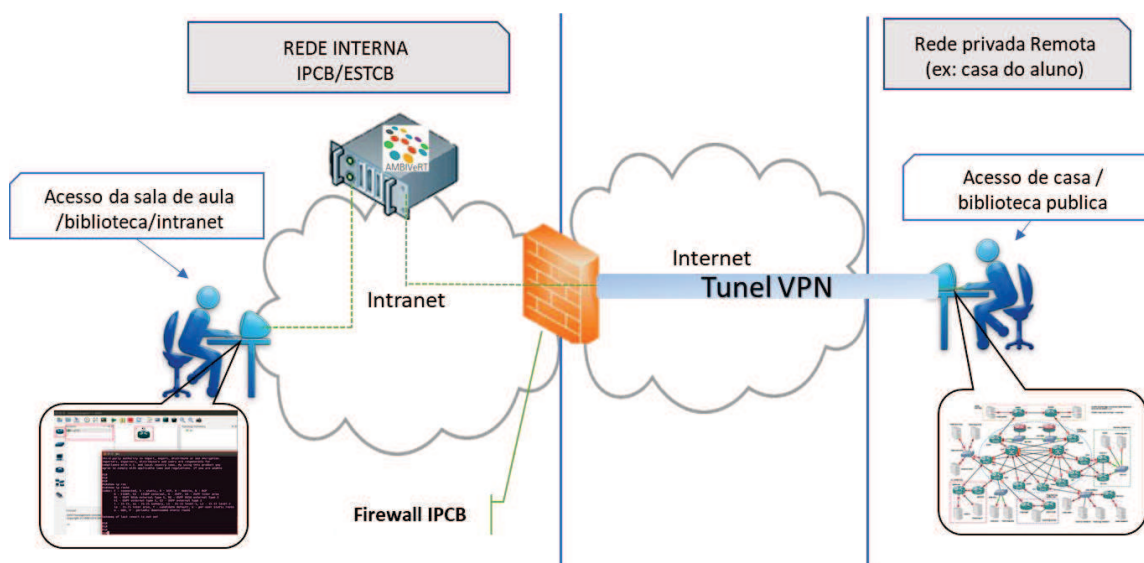


Figura 36 - Esquema de representação da ligação ao AMBIVeRT via Internet e Intranet

Na imagem seguinte está um esquema representativo das ligações físicas do servidor às redes externas:

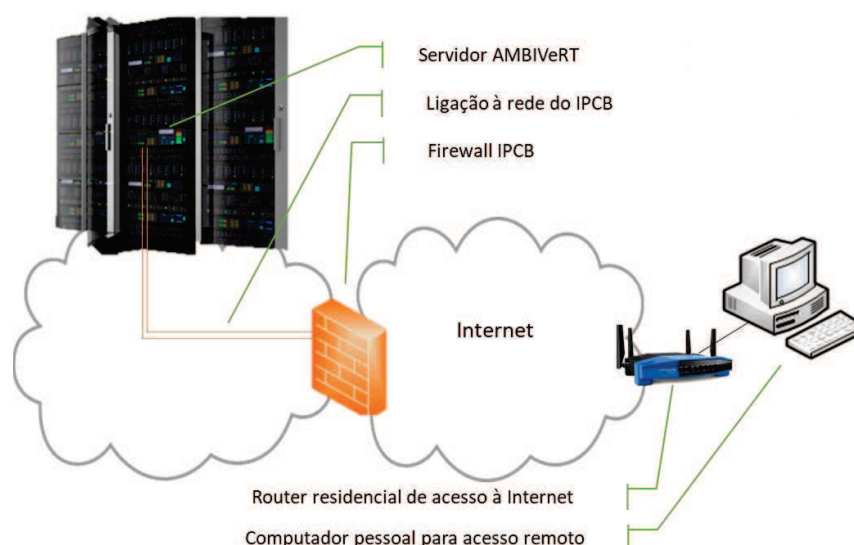


Figura 37 - Esquema físico de representação da ligação ao AMBIVeRT

Um dos pontos fundamentais é tornar a rede de acesso ao AMBIVeRT transparente para os seus utilizadores, quer acedam de dentro ou de fora do IPCB:

- Se houver conexão de dentro da rede interna, o utilizador apenas deve introduzir o endereço de acesso (explicado no subcapítulo seguinte) no programa de acesso remoto.
- Caso a ligação seja via Internet, o utilizador terá primeiro que estabelecer a ligação por VPN e só depois introduzir o endereço de acesso.

### 3.3.2 Máquinas virtuais utilizadas

Neste projeto são utilizadas máquinas virtuais que funcionam sob um *hypervisor* e que estão separadas em dois domínios lógicos: domínio dos administradores e domínio dos alunos.

Na figura seguinte está uma representação das máquinas virtuais que existem no servidor:

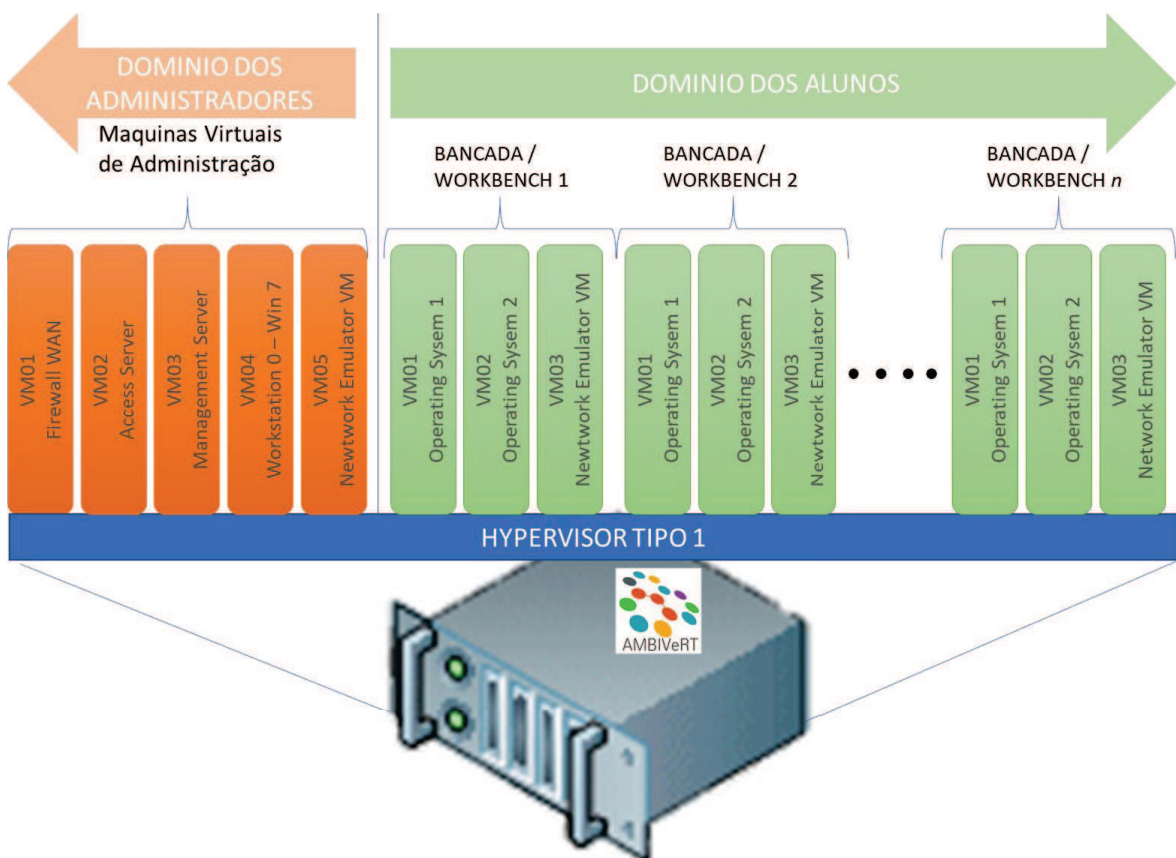


Figura 38 - Representação das VM no servidor AMBIVeRT a funcionar sob o hypervisor

A explicação detalhada dos domínios e papel de cada VM será feita nas próximas páginas. Note-se que, na figura 38, na parte do domínio dos alunos estão representadas “*n*” bancadas/*workbenches*, indicando que podem haver “*n*” bancadas de trabalho, sendo este número definido em prol das necessidades das turmas e da capacidade de processamento do servidor. As bancadas são iguais, existindo as mesmas 3 máquinas virtuais com as mesmas características em todas as estações de trabalho.

Na figura seguinte apresenta-se a topologia de rede interna do servidor.

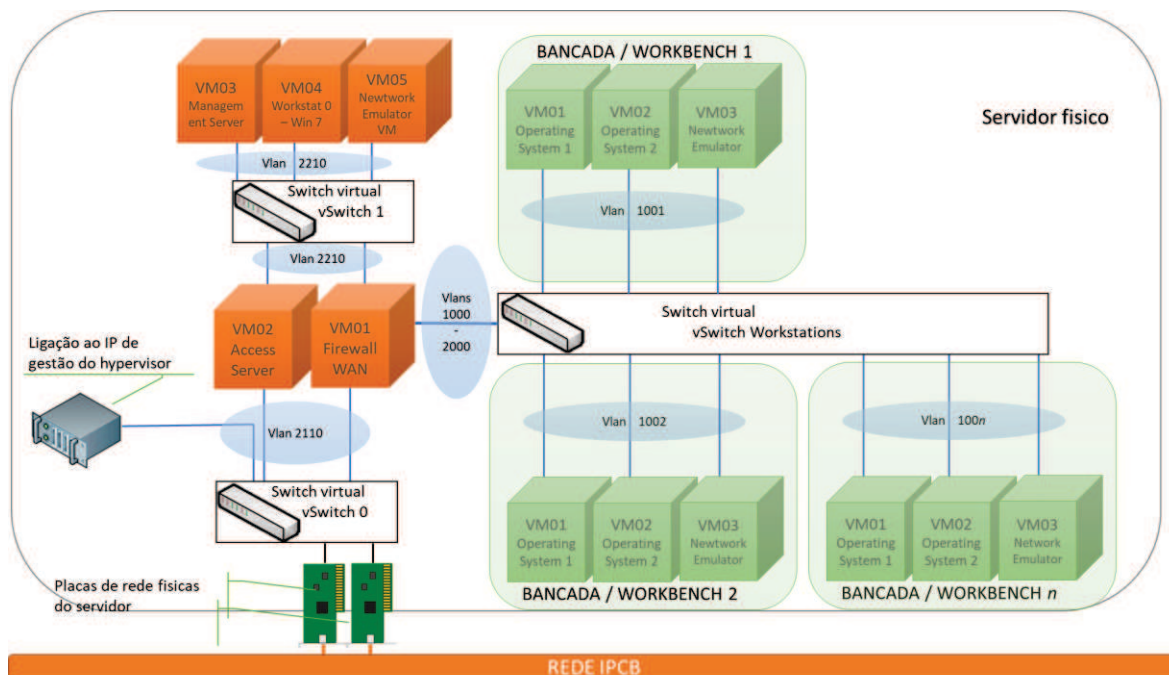


Figura 39 - Rede interna das máquinas virtuais

A ligação externa é feita via 2 placas de rede agregadas de forma lógica agindo como uma só (canto inferior esquerdo da figura 39).

O *hypervisor* fornece a utilização de *switches* virtuais que permitem aplicar certas regras e Virtual Lan (VLAN)<sup>22</sup>. Desta forma, é possível fazer separação em redes virtuais e independentes às várias bancadas virtuais.

A relação aplicada a esta numeração é VLAN 1001 <-> Bancada 1; VLAN 1002 <-> Bancada 2 e assim sucessivamente. Optou-se por esta numeração para facilitar a expansão e organização do sistema. Com o uso de VLANs, embora as bancadas partilhem o mesmo vSwitch Workstations, o tráfego não se mistura, não havendo afetação entre as várias *workbenches*.

Os próximos subcapítulos descrevem detalhadamente esta arquitetura.

### 3.3.3 Domínio dos alunos

No domínio dos alunos podem ser encontradas as bancadas de trabalho (também referidas como *workbenches*). Estas bancadas são o equivalente a uma mesa ou estação de trabalho no laboratório físico com computadores e equipamentos de rede.

<sup>22</sup> VLAN ou Virtual LAN é uma rede logicamente independente, que permite que várias redes coexistam num mesmo domínio físico (mesmos cabos e equipamentos) sem se afetarem e cruzarem tráfego entre si. É uma forma “lógica” de separar redes físicas.

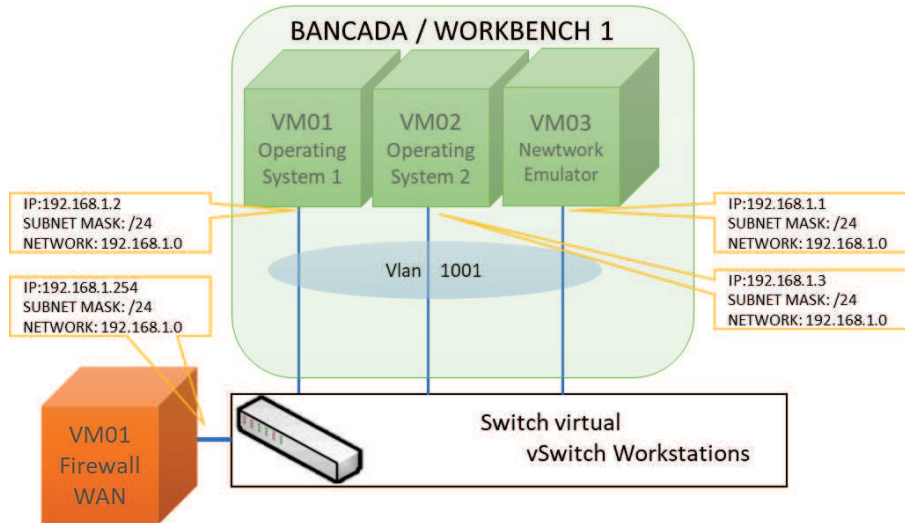


Figura 40 - Domínio dos alunos, bancada 1

Na planificação das bancadas foram seguidas um conjunto de regras de forma a garantir a escalabilidade e ordenamento do sistema:

- Cada bancada utiliza uma rede classe C diferente com uma máscara de rede /24. Endereços classe C vão desde 192.168.0.0 até 192.168.255.255. Isto significa que, em teoria, é possível ter até 254 estações de trabalho por *workbench*.
- O endereçamento IP utilizado é replicado por todas as bancadas, com a exceção do número da rede, que é igual ao número da bancada. Como se pode ver na tabela seguinte, por exemplo, bancada 1 corresponde a 192.168.1.0

Tabela 17 - Endereçamento IP das bancadas

Bancada 1		Bancada 2		Bancada n	
IP address	Virtual Machine	IP address	Virtual Machine	IP address	Virtual Machine
192.168.1.0	--network address--	192.168.2.0	--network address--	192.168.n.0	--network address--
192.168.1.1	VM Network Emulator	192.168.2.1	VM Network Emulator	192.168.n.1	VM Network Emulator
192.168.1.2	VM 01 – Operating System 1	192.168.2.2	VM 01 – Operating System 1	192.168.n.2	VM 01 – Operating System 1
192.168.1.3	VM 02 – Operating System 2	192.168.2.3	VM 02 – Operating System 2	192.168.n.3	VM 02 – Operating System 2
192.168.1.4	**Endereço IP livre**	192.168.2.4	**Endereço IP livre**	192.168.n.4	**Endereço IP livre**
192.168.1.5	**Endereço IP livre**	192.168.2.5	**Endereço IP livre**	192.168.n.5	**Endereço IP livre**
192.168.1.6	**Endereço IP livre**	192.168.2.6	**Endereço IP livre**	192.168.n.6	**Endereço IP livre**
....	....	....	....	....	....
192.168.1.253	**Endereço IP livre**	192.168.2.253	**Endereço IP livre**	192.168.n.253	**Endereço IP livre**
192.168.1.254	Workbench 1 Default Gateway	192.168.2.254	Workbench 2 Default Gateway	192.168.n.254	Workbench n Default Gateway

- Cada bancada está ligada através da VLAN respetiva à sua *gateway* de saída (firewall). Aqui é aplicada a lógica de numeração: bancada 1, VLAN 1001; bancada 2, VLAN 1002 e assim sucessivamente.

A figura seguinte pretende evidenciar o funcionamento das VLANs. Para o sistema, cada VLAN é vista como uma rede diferente, com um *switch* diferente:

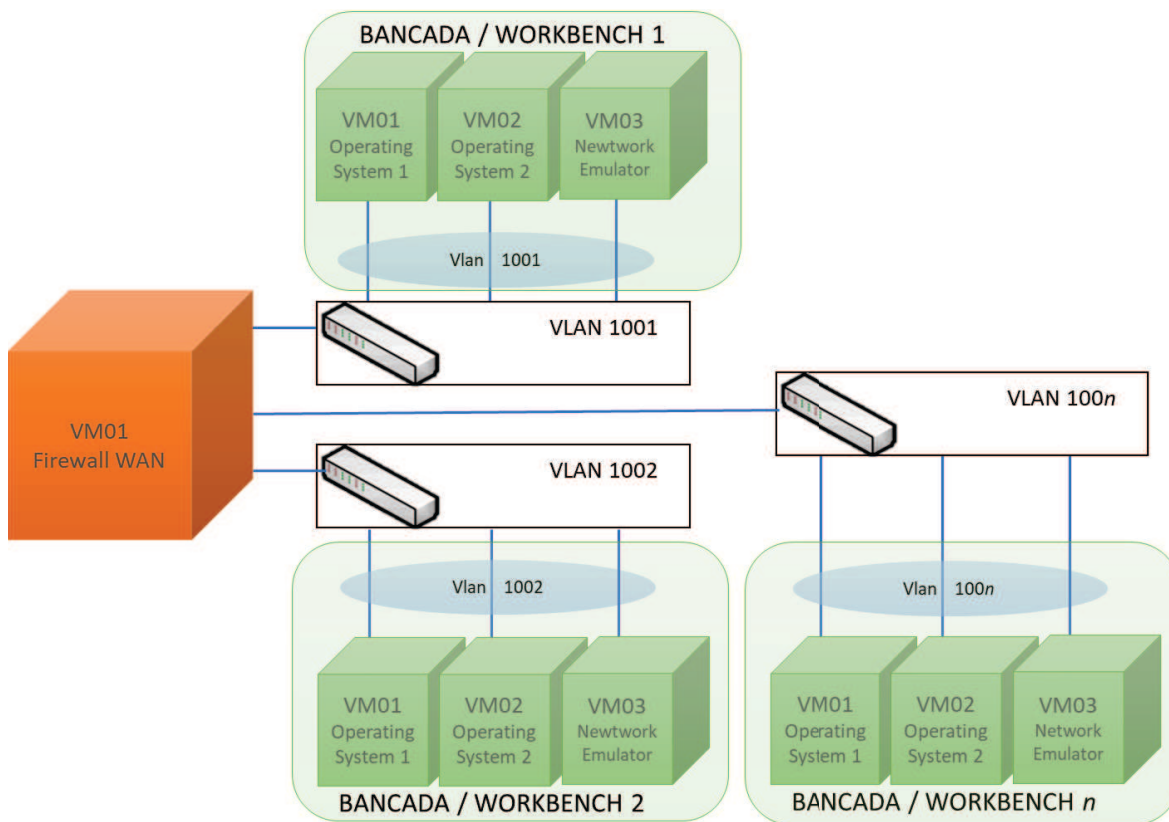


Figura 41 - Representação de funcionamento das VLANs

De seguida, analisa-se o funcionamento das 3 VM em cada bancada.

### 3.3.3.1 Domínio dos alunos: VM01, VM02

A VM01 Operating System 1 é o ponto de acesso para os alunos. Consiste numa máquina virtual com um sistema operativo habitual do dia a dia, semelhante ao que pode ser encontrado na sala de aula. As suas funcionalidades são:

- **Ambiente de trabalho virtual remoto:** esta é a máquina para onde o aluno faz a ligação gráfica remota. À semelhança de uma sala de aula, pode ou não ter ligação à Internet (ligação essa que é decidida pela firewall), estando os portos de acesso remoto sempre disponíveis para comunicação do exterior. Este ponto é explicado no subcapítulo Domínio dos administradores: VM01 – Firewall WAN.
- **Privilégios de administrador:** nesta máquina o aluno poderá ter privilégios de administrador e liberdade para executar todo o tipo de tarefas, semelhante ao que se passa numa sala de aula.
- **Ambiente gráfico do emulador:** nesta VM é onde está instalado o software que funciona como ambiente gráfico do emulador de redes. Este *front-end* é configurado para aceder e controlar o respetivo servidor, que funciona na VM03 da mesma bancada. É neste ambiente gráfico onde o aluno poderá executar simulações e projetos de redes.



A VM02 Operating System 2 tem o mesmo comportamento e funcionalidades da VM01, com a diferença de ter instalado um sistema operativo diferente do que se encontra na VM01. Isto permite flexibilidade e diversidade no acesso e ensino.

### 3.3.3.2 Domínio dos alunos: VM03 network emulator

Por último, no domínio dos alunos, encontra-se a máquina virtual de emulação do ambiente de redes. Esta máquina virtual é acedida por uma aplicação instalada na VM01 ou VM02 e trata de todo o poder de emulação.

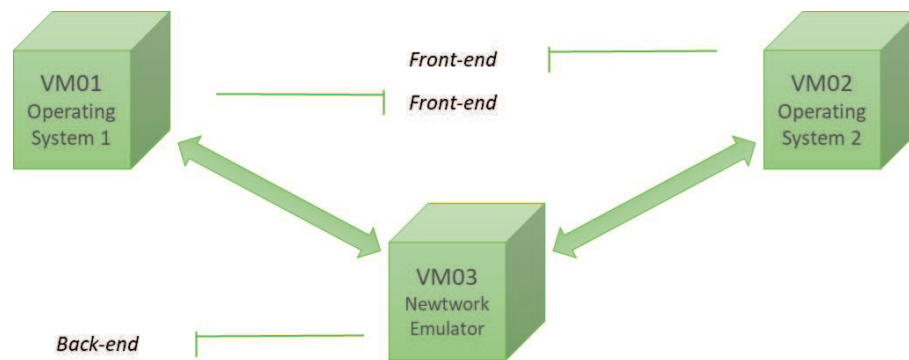


Figura 42 - Ilustração da VM03

É responsável por todo o esforço de emulação e virtualização utilizando as ferramentas que vêm incorporadas. Por ser uma máquina virtual explicitamente desenhada com este objetivo, é uma solução “chave-na-mão” incluindo já, internamente, todas as soluções necessárias à emulação e virtualização no ambiente virtual de redes.

### 3.3.4 Domínio dos administradores

No domínio dos administradores encontram-se 5 máquinas virtuais para acesso e gestão do sistema. Inicia-se a descrição deste domínio pela parte de acesso ao servidor.

#### 3.3.4.1 Domínio dos administradores: acesso.

Nas figuras seguintes pode observar-se a parte de acesso relativamente ao domínio dos administradores. No lado esquerdo (figura 43) está um esquema da rede ao nível de camada 2 do modelo OSI<sup>23</sup> (Open Systems Interconnection model) enquanto que à direita, na figura 44, se encontra um esquema de camada 3 com os respetivos endereços IP.

Os endereços estão atribuídos seguindo um planeamento e de forma estática.

Na figura, por segurança e privacidade do sistema, substitui-se a parte inicial do IP por “x”.

<sup>23</sup> O modelo OSI das 7 camadas é um modelo que descreve um padrão de protocolos de comunicação numa rede. A camada 2 designa-se por camada de dados ou tramas MAC e a camada 3 designa-se por camada de rede ou pacotes IP.

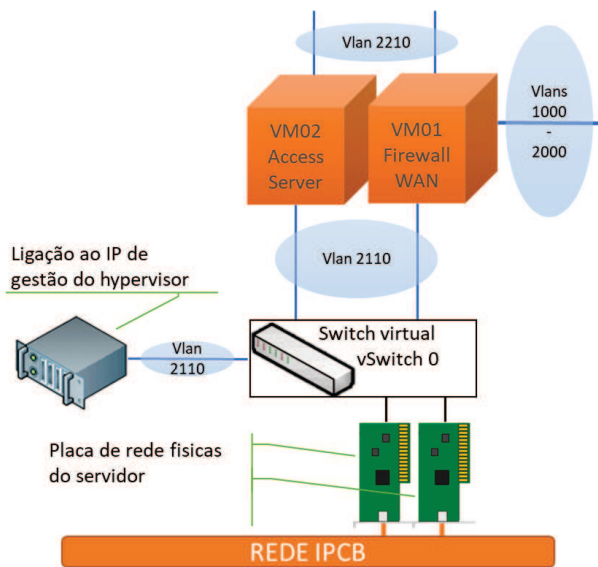


Figura 43 - Domínio dos administradores, rede acesso, camada 2

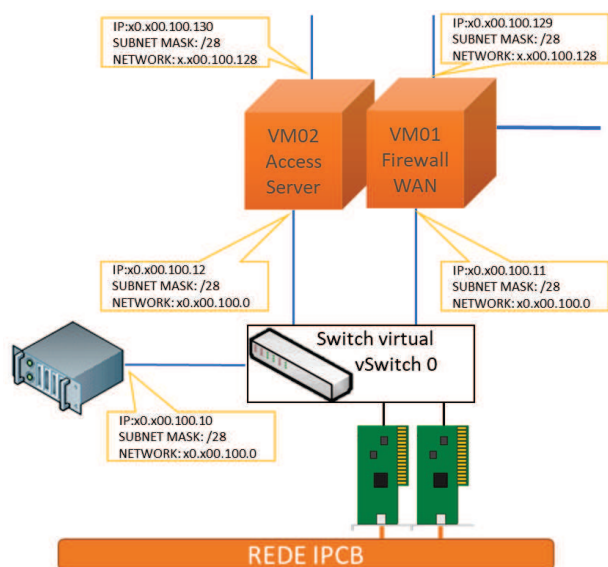


Figura 44 - Domínio dos administradores, rede acesso, camada 3 - IP

Inicia-se a descrição do sistema de baixo para cima:

- **Acesso físico:** o acesso físico à rede externa é feito por 2 placas de rede do servidor físico que estão agregadas numa só. Isto permite garantir redundância no caso de falha e maior velocidade de transmissão.
- **Switch virtual vSwitch 0:** no domínio do *hypervisor* e ambiente virtualizado, as ligações externas são tratadas pelo vSwitch 0.
- **Gestão do *hypervisor* (à esquerda na figura 43/44):** esta interface tem o IP que deve ser utilizado para aceder ao *hypervisor* para configuração de todo o ambiente virtual.



### 3.3.4.2 Domínio dos administradores: VM02 - servidor acesso

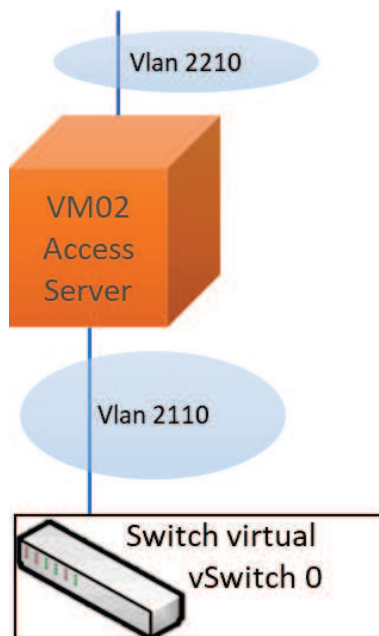


Figura 45 - Domínio dos administradores, VM02 - Servidor Acesso

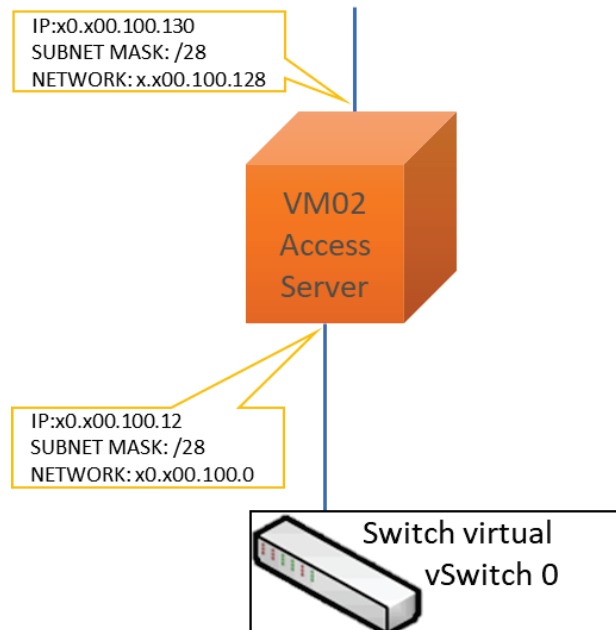


Figura 46 - Domínio dos administradores VM02 - Servidor Acesso, camada 3 - IP

O servidor VM02 – Servidor Acesso (Access Server nas figuras 45 e 46) serve para o administrador ou docente executar tarefas relacionadas com o leccionamento ou gestão da plataforma. Algumas das tarefas são:

- **Servidor de ficheiros de rede:** pasta de rede, partilhada com toda a infraestrutura onde podem ser colocados laboratórios, ficheiros de texto, ficheiros de configuração, imagens de sistemas operativos, etc.
- **Gestão centralizada do sistema:** nesta máquina podem ser efetuados testes de aplicações e armazenamento de ficheiros pelo administrador. É também nesta máquina que são guardados os modelos e backups das imagens das máquinas virtuais utilizadas.
- **Máquina de salto:** com acesso direto à Internet, esta VM pode servir como máquina de salto para os demais sistemas internos, ou seja, um administrador deverá sempre passar por esta máquina para se ligar a outras VM de administração do sistema.

### 3.3.4.3 Domínio dos administradores: VM01 - firewall WAN

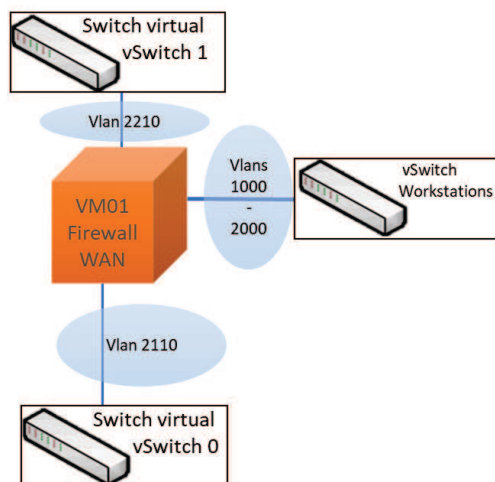


Figura 47 - Domínio dos administradores, VM01 - Firewall

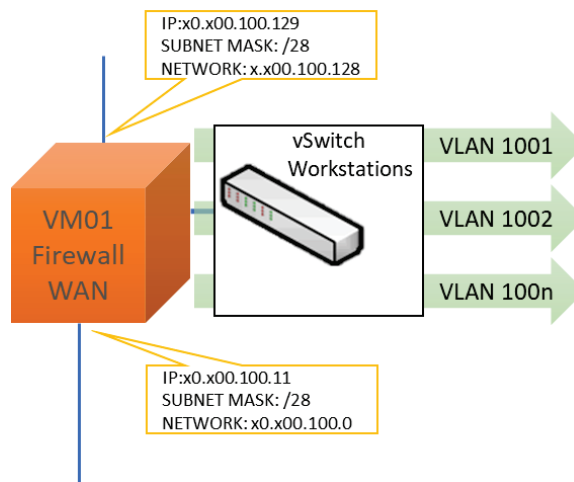


Figura 48 - Domínio dos administradores VM01 - Firewall, IP + VLAN

A VM01 – Firewall WAN é uma máquina virtual com o papel de firewall, com as seguintes funções:

- **Monitorização de tráfego:** a solução possui ferramentas de gestão e alarmística interna que permitem monitorizar e construir gráficos sobre acessos e informação transferida.
- **Encaminhamento de tráfego para cada bancada:** tendo em conta que as bancadas dos alunos devem funcionar como ambiente fechado entre si, cada bancada de trabalho utiliza uma gama de IP específica numa sub-rede interna (ilustrado abaixo).

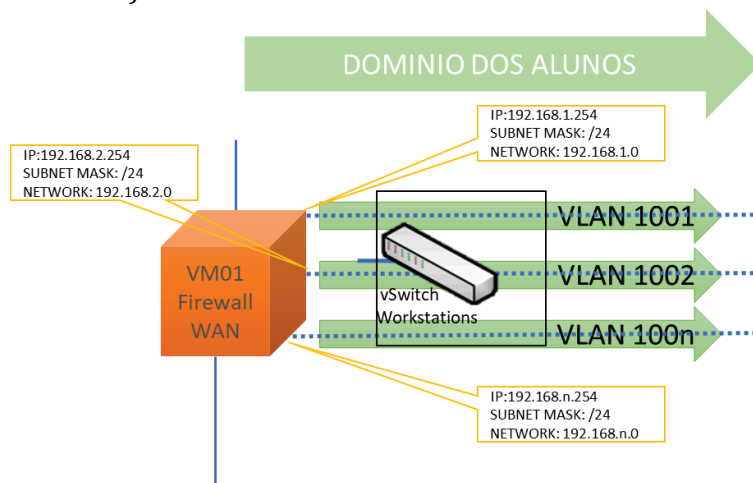


Figura 49 - Utilização de VLAN e sub-redes distintas na firewall

A firewall faz o encaminhamento entre as suas interfaces e termina as VLANs utilizadas no domínio dos alunos. O vSwitch Workstations por sua vez trata da ligação das VLANs à bancada respetiva.

- **Controlo de acessos das redes no domínio dos alunos:** a firewall aplica regras e políticas de restrição que permitem bloquear ou dar determinado acesso às bancadas. Pode, por exemplo, ser útil dar passagem numa parte inicial para que os alunos possam fazer o download de uma aplicação pedagógica da Internet.

- Separação do domínio dos alunos:** as bancadas dos alunos utilizam endereços IP internos que não devem ter visibilidade de e para o exterior. Para melhor explicar este ponto, imagine-se o acesso à Internet residencial: em cada casa existe um router de saída (facultado pelo provedor de serviços de Internet) que separa a rede privada habitacional da rede pública. Esta separação é feita utilizando a funcionalidade de *Port Address Translation* (PAT). Para ilustrar o funcionamento de PAT, suponha-se o seguinte exemplo no AMBIVeRT:
  - Um aluno ligado na VM01, Bancada 1 (IP 192.168.1.2), abre o navegador de Internet e digita, por exemplo, [www.sapo.pt](http://www.sapo.pt) (IP 213.13.146.145).
  - O navegador web gera um pedido HTTP (porto 80) ao servidor [www.sapo.pt](http://www.sapo.pt) (IP 213.13.146.145).
  - Ao receber este pedido, a firewall WAN do AMBIVeRT mapeia o pedido interno ao seu IP externo e a um porto de saída aleatório (ex. IP x0.x00.100.10 porto: 7777).
  - Acrescenta esta tradução a uma lista interna, e encaminha de seguida o pedido para a sua interface externa (IP x0.x00.100.11).
  - Imagine-se agora que, em simultâneo, outro aluno na bancada 2 tenta navegar para [www.cm-castelobranco.pt](http://www.cm-castelobranco.pt) (IP 62.28.4.215).
  - A firewall irá fazer um mapeamento semelhante ao do ponto c) acima.

Abaixo está a representação dos elementos e a eventual tabela de mapeamento PAT dinâmico que a firewall irá construir internamente:

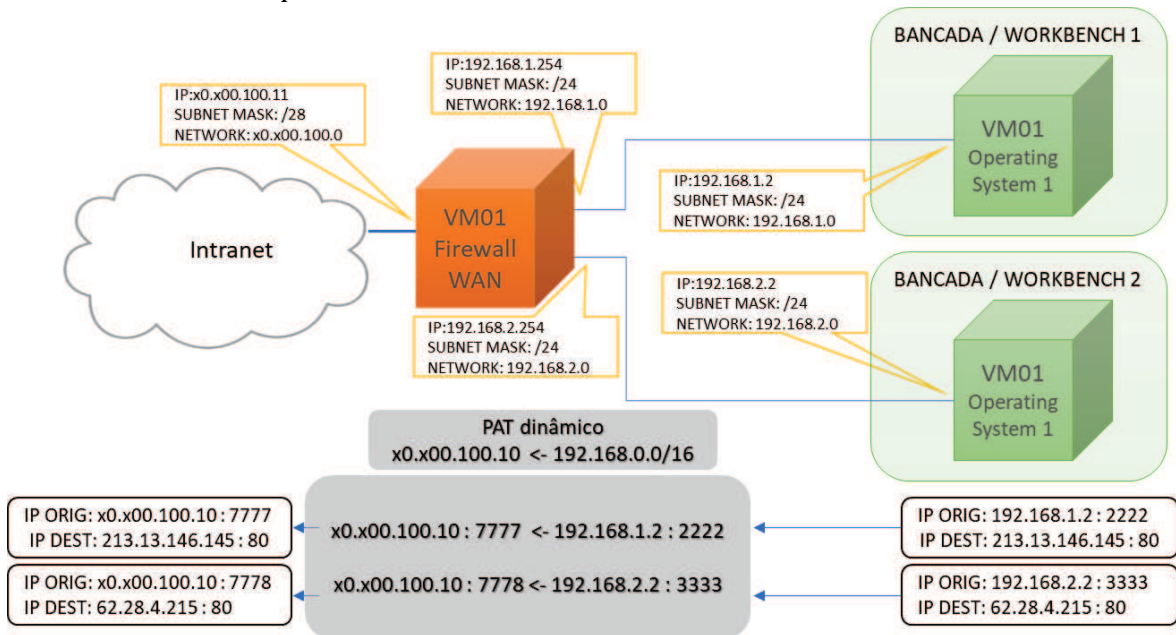


Figura 50 - Exemplo mapeamento PAT dinâmico

Este mapeamento é feito de forma dinâmica pela firewall, sempre que recebe uma nova ligação ou pedido.

- **Acesso à bancada do aluno:** no ponto anterior foi referido que não existe acesso exterior à sub-rede utilizada na bancada do aluno. Isto acontece quer por segurança, evitando que qualquer aplicação aceda à bancada do aluno, quer porque as sub-redes dos *workbenches* são internas e apenas conhecidas pela firewall, que também opera como um router.

A forma de solucionar esta questão é utilizando reencaminhamento de portas<sup>24</sup>: o encaminhamento de portas funciona configurando na firewall uma regra para que, sempre que esta receba no seu IP externo uma ligação a um determinado porto, redirecione esta ligação para um porto num IP interno.

Abaixo, exemplifica-se o mapeamento de ligações do exterior às VMs 01 da bancada 1 e 2, utilizando o protocolo RDP (acesso remoto do Windows), que opera na porta 3389 (porta fixa).

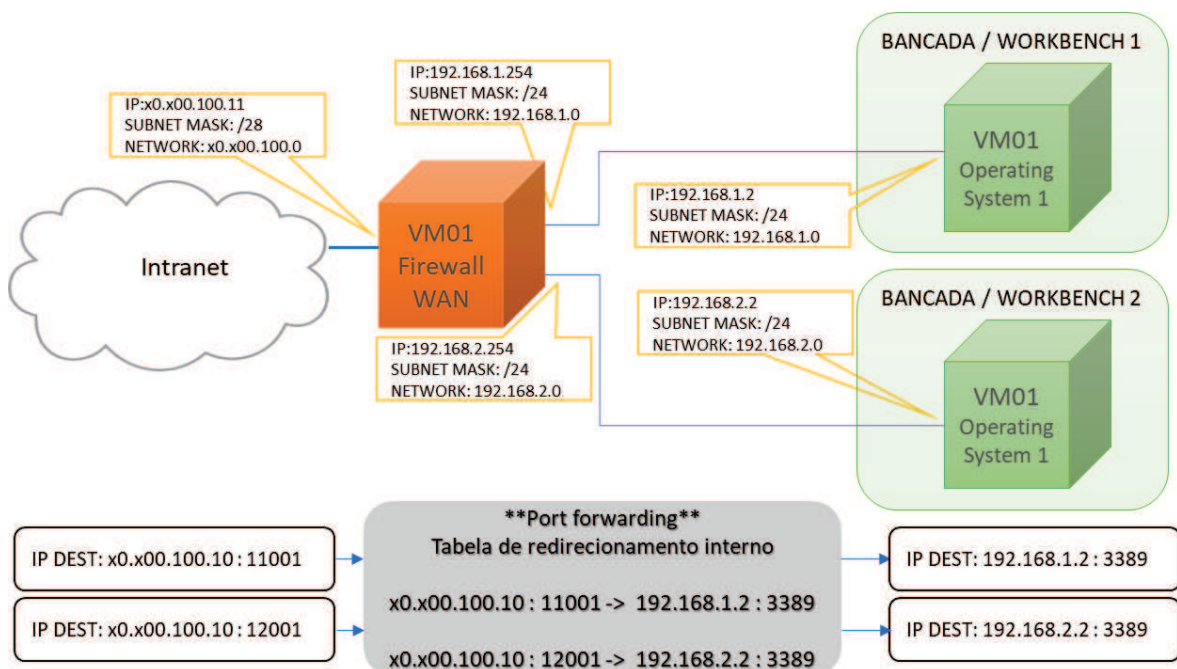


Figura 51 - Exemplo reencaminhamento de portas / port forwarding

- **Controlo de IPs das bancadas:** uma vez que os alunos poderão ter privilégios de administração das suas estações de trabalho (VM01, VM02), é importante garantir que, mesmo configurando outro endereço IP nestas máquinas, não conseguem interferir com o funcionamento do sistema. Os endereços IP para as bancadas são atribuídos automaticamente pela firewall por Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP). Contudo, esta atribuição automática segue um mapeamento estático feito previamente que liga, por exemplo, o endereço físico da VM01, bancada 1 ao IP 192.168.1.2.

<sup>24</sup> Reencaminhamento de portas vem do inglês port forwarding.

### 3.3.4.4 Domínio dos administradores: VM03 - servidor de gestão

A máquina virtual VM03 – Servidor de Gestão (Management Server na figura 52) está ligada ao domínio dos administradores pelo Switch virtual vSwitch 1 e foi criada para a gestão da plataforma AMBIVeRT.

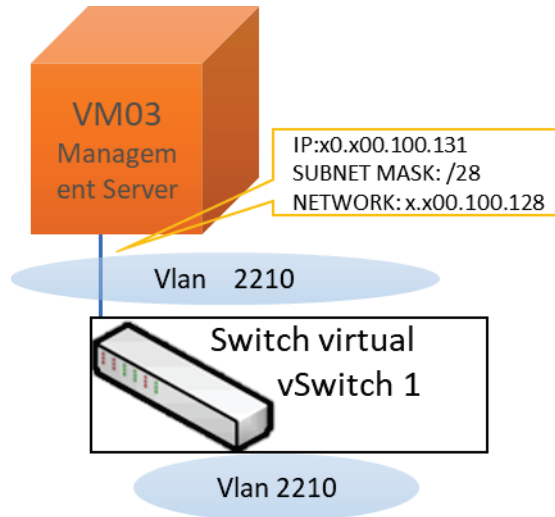


Figura 52 - Domínio dos administradores, VM03 - Servidor de gestão

Num ambiente *datacenter*, que emprega sistemas físicos e virtualizados, é importante garantir a devida monitorização do sistema e intervenção rápida em caso de falhas. Alguns dos fatores importantes a ter em conta são:

- Utilização de CPU, memória RAM, espaço em disco.
- Problemas espontâneos como crache, falha total ou parcial.
- Utilização das interfaces de rede.
- Informação sobre atualizações de segurança ou falhas de configuração.
- *Logs*<sup>25</sup> de acesso, atividade e auditoria do sistema.

Estas condições aplicam-se a máquinas físicas, virtuais ou até aplicações (por exemplo, o registo de atividade de um antivírus a correr dentro de um sistema operativo). Também é importante ter uma aplicação que crie gráficos de utilização para que seja prático e objetivo analisar tendências e resultados.

Esta máquina virtual tem, assim, a principal função de monitorização e alarmística do projeto.

<sup>25</sup> Em informática, um log é um ficheiro que guarda cronologicamente a atividade e acontecimento de determinado sistema ou aplicação de forma a haver um registo de atividade. Existem diversos tipos, de diferentes formatos que guardam mais ou menos informação, consoante a configuração e o objetivo.

### 3.3.4.5 Domínio dos administradores: VM04, VM05

Por último, no domínio dos administradores, as máquinas virtuais (VM04 Workstat 0, VM05 Network Emulator VM na figura seguinte). A VM04 é semelhante a uma das máquinas de acesso que pode ser encontrada na bancada dos alunos, agindo como ambiente gráfico para o emulador de redes, que funciona na VM05.

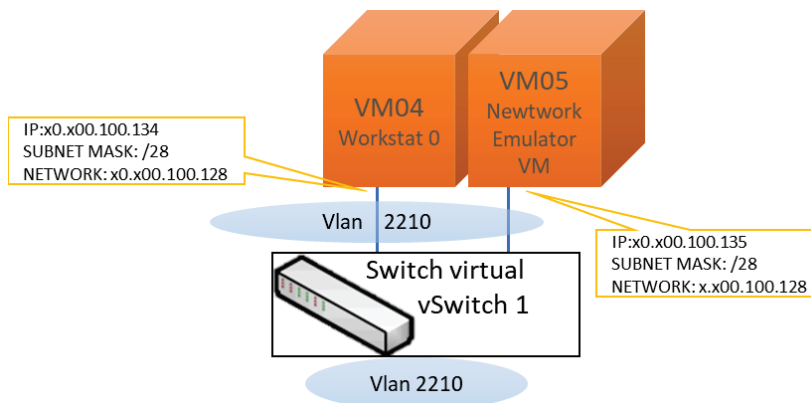


Figura 53 - Domínio dos administradores, VM04, VM05

No fundo, o objetivo destas duas máquinas é providenciar ao docente um ambiente onde pode testar topologias e configurações antes de facultar os materiais aos alunos.

### 3.4 Síntese

As decisões de desenho e arquitetura descritas neste capítulo foram feitas tendo em conta a escalabilidade e estabilidade da plataforma. Exemplo disto são a separação em domínios e a utilização da firewall interna.

Ao nível de acesso ao sistema foi importante mantê-lo o mais simples e funcional possível, não descurando a segurança.



## 4 Implementação

### 4.1 Tecnologias Utilizadas

#### 4.1.1 Hardware e rede externa

Nesta dissertação utiliza-se um servidor Cisco UCS C200 M2 High-Density Rack Server. Embora já fora de suporte pelo fabricante, este servidor de gama empresarial está perfeitamente atual e capaz de fazer funcionar este sistema. É um servidor do tipo *rackmount* para instalação num bastidor ou estrutura típica de *datacenter*.



Figura 54 - Cisco Server parte frontal



Figura 55 - Cisco Server parte traseira + interior

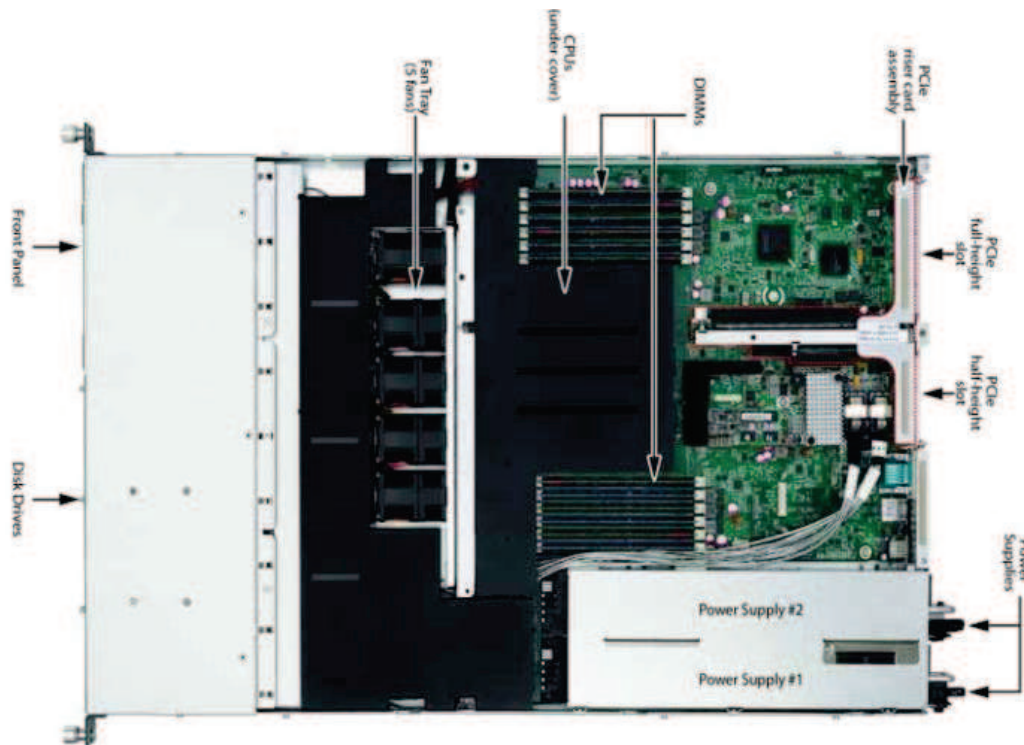


Figura 56 - Interior do servidor



As principais características são:

**Tabela 18** - Características do servidor

Componente	Detalhes
CPU	2 Processadores Intel Xeon X5650 2.66GHz, frequência de pico de 3.06GHz. Suporte a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intel® Virtualization Technology (VT)</li> <li>• Intel® Virtualization Technology for Directed I/O (VT-d)</li> <li>• Intel® VT-x with Extended Page Tables (EPT)</li> </ul>
Memória RAM	96GB DDR3.
Periféricos integrados	Portas USB, placa de rede integrada com duas portas 10Gbit.
Armazenamento	Cedido pelo centro de informática 2 Terabyte de espaço no armazenamento do <i>datacenter</i> .

Relativamente às instruções do CPU, VT-x significa que o CPU suporta virtualização, o que é imprescindível neste tipo de cenário. VT-d, por sua vez, trata da exposição dos dispositivos físicos como placa de rede, etc. às máquinas virtuais. Não sendo obrigatório, é um extra que garante maior compatibilidade entre a virtualização e os sistemas operativos a virtualizar. Estas instruções são, por sua vez, acedidas e utilizadas pelo *hypervisor*.

#### 4.1.2 Software de servidor

##### 4.1.2.1 Hypervisor: VMWare vSphere

Para o AMBIVeRT, tomou-se a decisão de utilizar o VMWare vSphere / ESXi na versão grátis pelas seguintes razões:

- **Maturidade:** a VMWare trabalha com ambientes de virtualização há mais de 10 anos (Vmware.com, 2018), tendo os seus produtos bastante maturidade nesta área, o que é uma vantagem relativamente a outros softwares mais recentes.
- **Funcionalidades avançadas:** mesmo na versão livre, possui funcionalidades que contribuem para a estabilidade do sistema. Por exemplo, reserva de memória garante que, em caso de falta desta no sistema físico, é alocado de forma transparente espaço no *datastore* para servir como memória da instância. Isto garante que uma VM nunca fica sem memória para poder utilizar.
- **Rápida aprendizagem:** o software é muito intuitivo e de rápida aprendizagem na gestão e manutenção por parte de um administrador de sistemas.
- **Tamanho/comunidade e base de conhecimento:** em consonância com a maturidade da plataforma, existem na Internet muitos grupos, projetos, fóruns, blogs de IT com conhecimento nesta aplicação, onde é fácil encontrar ajuda ou pesquisar problemas com que um administrador de sistemas se poderá deparar. Adicionalmente, a VMWare tem fóruns de ajuda e partilha de artigos com mais de 10 anos, onde se pode pesquisar por mensagens de erro, problemas e *tutoriais*.

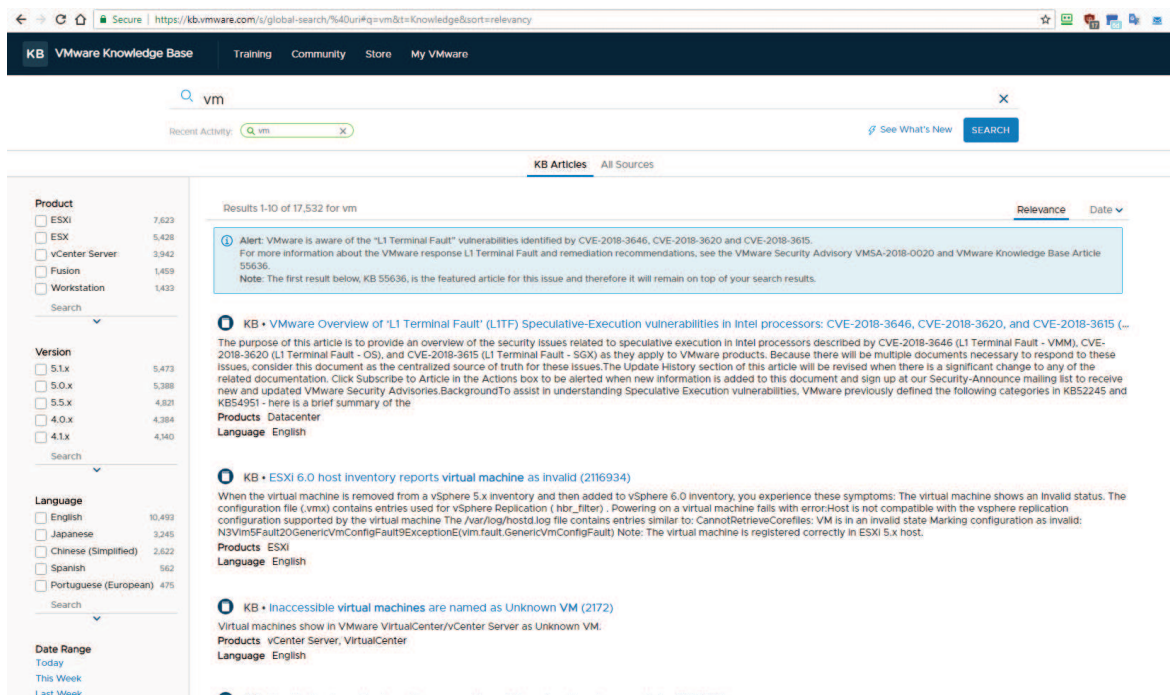


Figura 57 - VMWare Knowledge Base

- **Fácil instalação, compatibilidade com o hardware e software utilizado:** o servidor está na lista de sistemas suportados, bem como os sistemas operativos que se pretende virtualizar. A lista completa de suporte pode ser encontrada aqui: <https://vmware.com/resources/compatibility/search.php>.
- **Simple integração com máquinas virtuais:** existem *templates* dos sistemas operativos mais comuns para VMWare vSphere, bem como de alguns simuladores de redes que já estão pré-concebidos para este *hypervisor*.



Figura 58 - Exemplo do software GNS3 “cozinhado” para VMWare vSphere ESXi

- **Configuração da rede interna do servidor:** o ambiente gráfico vem preparado para a configuração da rede interna do servidor, suportando nativamente VLAN e virtual switch.

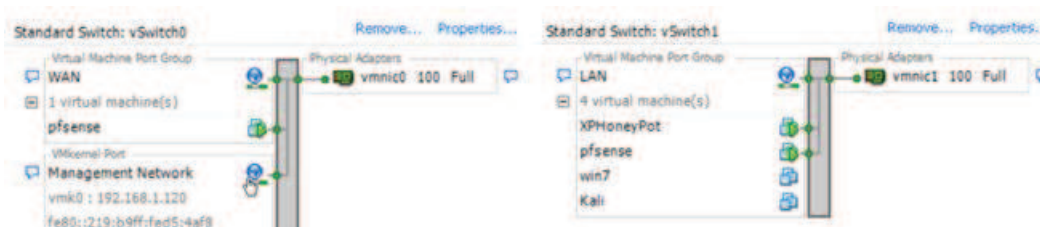


Figura 59 - Exemplo VMWare vSphere networking

A versão grátis de VMWare vSphere foi a escolhida para utilização no AMBIVeRT, sem a solução vCenter Server. Sendo o AMBIVeRT um projeto académico que utiliza apenas um servidor físico, não existe valor acrescentado em ter este serviço adicional pago. Contudo, se

no futuro se adicionar outro servidor para obter mais capacidade e redundância, é necessário obter uma licença de vCenter.

#### 4.1.2.2 Simulador/emulador de redes: GNS3

Para simulação/emulação de redes optou-se pelo GNS3. Este emulador começou por ser apenas um ambiente gráfico para outras ferramentas já existentes, tendo conquistado milhares de utilizadores ao longo dos anos.

O GNS3 é usado por grandes empresas e organizações, como a Walmart, Twitter, AT&T ou NASA (BLACKWELL, 2014) e é também muito popular entre técnicos que procuram preparar-se para um exame de certificação tecnológica avançada, como CCNP e CCIE<sup>26</sup>.

O GNS3 foi escolhido pelas seguintes vantagens:

- **Simple e rápido na criação de topologias:** a partir do momento em que está instalado e configurado, basta arrastar os elementos para o cenário de trabalho, interligar e arrancar.
- **Suporte a vários fabricantes:** atualmente, o GNS3 utiliza *appliances* que são, em síntese, modelos já construídos e disponíveis em <https://gns3.com/marketplace>, para rapidamente importar dispositivos dos vários fabricantes.

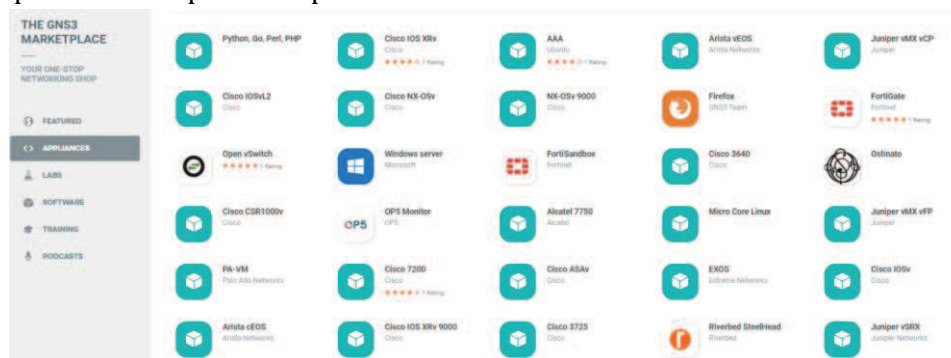


Figura 60 - GNS3 appliances

- **Fácil instalação e integração:** Na página oficial do GNS3 existem imagens prontas para ser feita a instalação no *hypervisor* da VMWare. Isto significa que rapidamente se consegue ter o sistema em funcionamento. Por outro lado, o *setup* é feito na forma de cliente <-> servidor (ver figura seguinte). Isto quer dizer que existe uma máquina virtual baseada em Linux que funciona como *back-end*, onde o esforço de emulação dos elementos é feito. Depois, uma aplicação *front-end* ligada ao *back-end*, tem a missão de fornecer a parte gráfica. Este tipo de *setup* (cliente <-> servidor) é ótimo do ponto de vista de eficiência, pois o esforço de virtualização fica localizado num sítio, enquanto a interação gráfica fica localizada noutro. O *front-end* funciona em Windows, Linux e OSX. A máquina *back-end* tem por base uma distribuição Linux Ubuntu.

<sup>26</sup> CCNP Service Provider e CCIE significam Cisco Certified Network Professional e Cisco Certified Internetwork Expert. São graus de certificação na área das redes de computadores de cariz muito avançado da Cisco Systems.

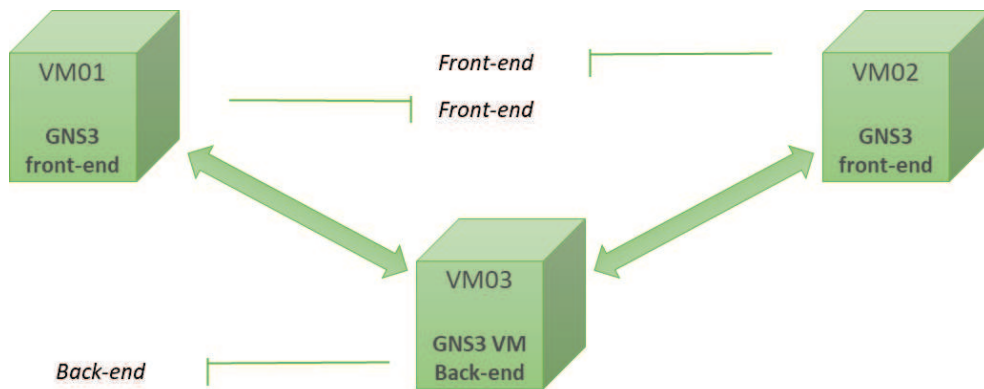


Figura 61 - GNS3 back-end e front-end

- **Maturidade e estabilidade:** o amadurecimento que a aplicação sofreu ao longo dos anos e o design referido no ponto anterior fazem com que esta aplicação optimize os recursos de forma muito eficiente, permitindo ter um número relativamente grande de nós em funcionamento em simultâneo, sem existir degradação substancial do desempenho do sistema.
- **Comunidade:** tem milhares de utilizadores globalmente, o que faz com que seja muito fácil encontrar na Internet solução para problemas ou pesquisa para novas funcionalidades que surjam. Existem também centenas de tutoriais e artigos de ajuda e comparativos. Na figura seguinte é possível ver que a comunidade oficial conta com mais de 1.2 milhões de utilizadores.

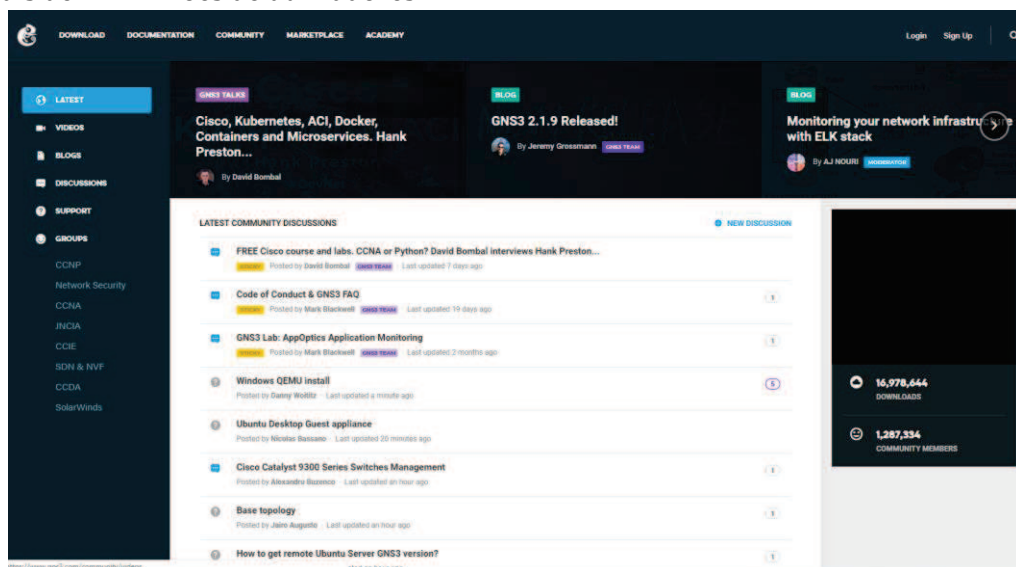


Figura 62 - GNS3 community

Dos pontos anteriores, destaca-se a maturidade do software e o facto de ser fácil encontrar na Internet ajuda, tutoriais e até laboratórios grátis feitos pela comunidade para o GNS3. Fazendo uma simples pesquisa no Google relacionada com este software, obtêm-se milhares de resultados. Para exemplificar, pesquisou-se no motor de busca por 4 termos:

- “gns3 issues” - problemas gns3
- “gns3 tutorials” - tutoriais/guias gns3
- “gns3 cisco firewall” - como configurar uma firewall cisco
- “gns3 labs” - laboratórios já feitos e prontos para gns3



Na figura abaixo está o resultado das pesquisas, que devolveram no total mais de um milhão de resultados:

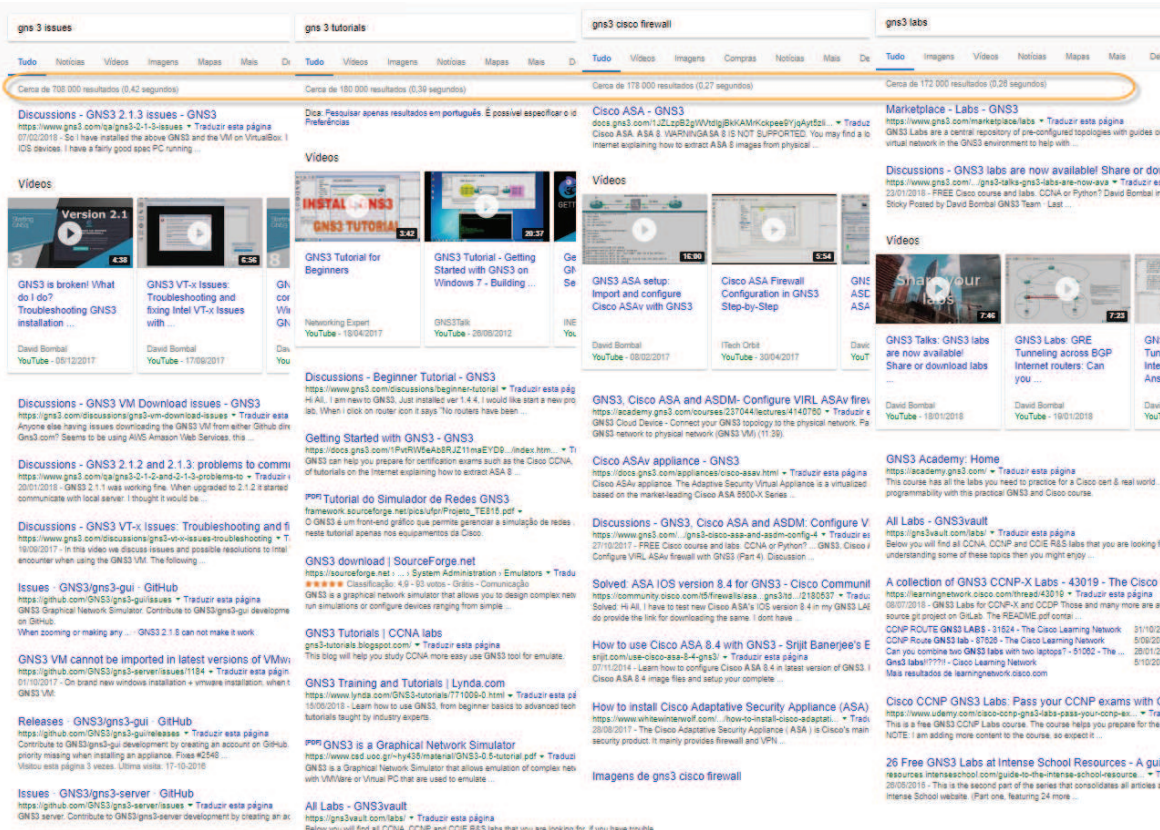


Figura 63 - Pesquisas Google sobre "gns3..."

A abundância de resultados facilita a vida ao administrador do sistema, permite ao formador diversificar o ensino e potencia o estudo dos alunos.

#### 4.1.2.3 Firewall

Para solução de firewall adotou-se a solução livre e *open-source* pfSense. Esta firewall, que combina facilidade de utilização com potência e funcionalidades (Kear, 2018) é flexível, sendo adequada para utilização tanto num ambiente residencial como num ambiente empresarial.

À semelhança do VMWare vSphere e GNS3, a pfSense também conta com uma grande comunidade internauta (Kear, 2018). Da lista de funcionalidades desta firewall (Netgate, 2018), no AMBIVeRT utilizam-se as seguintes:

- Mapeamento NAT
- Servidor DHCP
- Aplicação de regras e políticas de encaminhamento
- *Traffic shaping*<sup>27</sup>
- Configuração simples por página web
- Monitorização e grafismos da plataforma e rede

<sup>27</sup> O traffic shaping é um mecanismo usado para gerir o tráfego de Internet, que pode passar pela aplicação de restrições ao tráfego e velocidade.

Na figura seguinte encontra-se a página inicial do menu de configuração da pfSense:

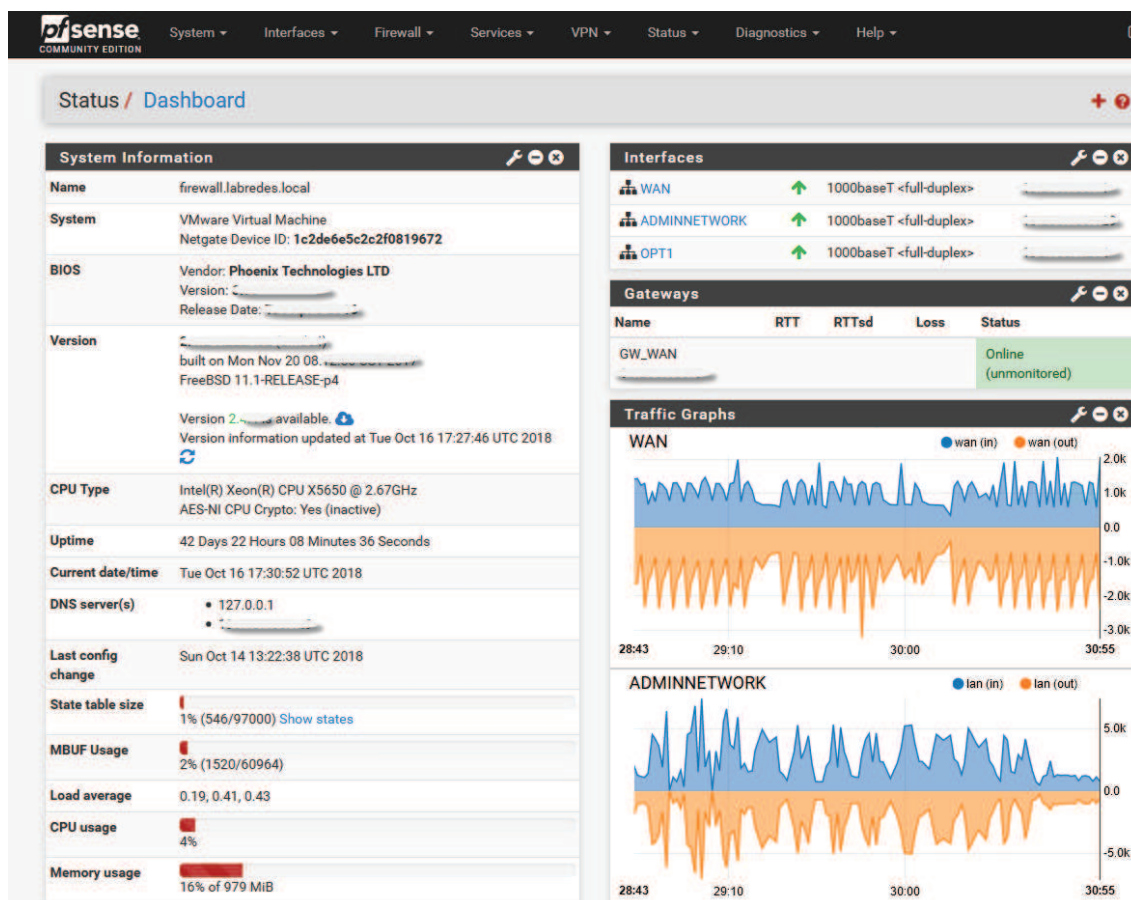


Figura 64 - pfSense, página inicial

#### 4.1.2.4 Access server

Para servidor de acesso, optou-se pela utilização do Microsoft Windows Server 2012 R2. Para além de ser disponibilizada à instituição uma licença académica deste sistema operativo, a sua componente e funcionalidade de servidor é importante na dinamização e ampliação da plataforma. Presentemente, esta máquina é utilizada como máquina de salto pelo administrador e é onde funciona o servidor interno de partilha de ficheiros (explicado em 3.3.4.2).

A nível de expansão futura pode ser utilizado para, por exemplo, alojar uma página web interna com conteúdos e materiais de apoio aos alunos, ativar um servidor de DNS interno, Active Directory para gestão de credenciais, cliente TFTP, etc. A lista completa pode ser consultada em:

<https://docs.microsoft.com/en-us/windows/desktop/srvnodes/what-s-new-for-windows-server-2012-r2>.

No fundo, este sistema operativo assegura escalabilidade futura de serviços e funcionalidades do projeto.

#### 4.1.2.5 Management server

No servidor de gestão, optou-se, por sua vez, pela distribuição de Linux CentOS por três razões:

- As ferramentas de monitorização ao nível de *datacenter* funcionam, na sua maioria, sobre a plataforma Linux.
- Considerando a escalabilidade do sistema, é importante incluir, no domínio dos administradores, uma máquina virtual Linux gratuita, adequada a um ambiente *datacenter*, que permita crescer a nível de funcionalidades e dimensão.
- O CentOS, é, tal como a sigla indica, um *Community ENTerprise Operating System*, ou seja, um sistema operativo de comunidade empresarial baseado em Red Hat Enterprise Linux, que é atualmente o sistema Linux número 1 utilizado em *datacenters* por todo o mundo (Wallen, 2016).

#### 4.1.2.6 Monitorização da infraestrutura

Para esta tarefa optou-se pela aplicação livre Zabbix (Zabbix.com, 2018) pelas seguintes razões:

- Aplicação de nível *datacenter* empresarial com suporte a vários fabricantes.
- Base vertical, ou seja, pode monitorizar desde o hardware físico, passando pelo sistema operativo, até a aplicações dentro do sistema operativo.
- Gestão centralizada, o que simplifica a administração de toda a infraestrutura.
- Escalável, com suporte para automatização/automação de eventos.
- Acesso gráfico na forma de página web compatível com todos os navegadores.
- Suporte para monitorização de um grande número de equipamentos, utilizando uma ampla gama de protocolos.
- Suporte a CentOS oficialmente disponibilizado e testado neste sistema operativo.

O Zabbix está instalado no CentOS, que funciona no Management Server.

A título de curiosidade, o seu sucesso, simplicidade, fiabilidade, independência e gestão fizeram com que fosse a solução escolhida para a Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN) (Hakulinen et al., 2012).

Abaixo uma captura de ecrã retirada do AMBIVeRT, com a monitorização de alguns dos *guests* em funcionamento:

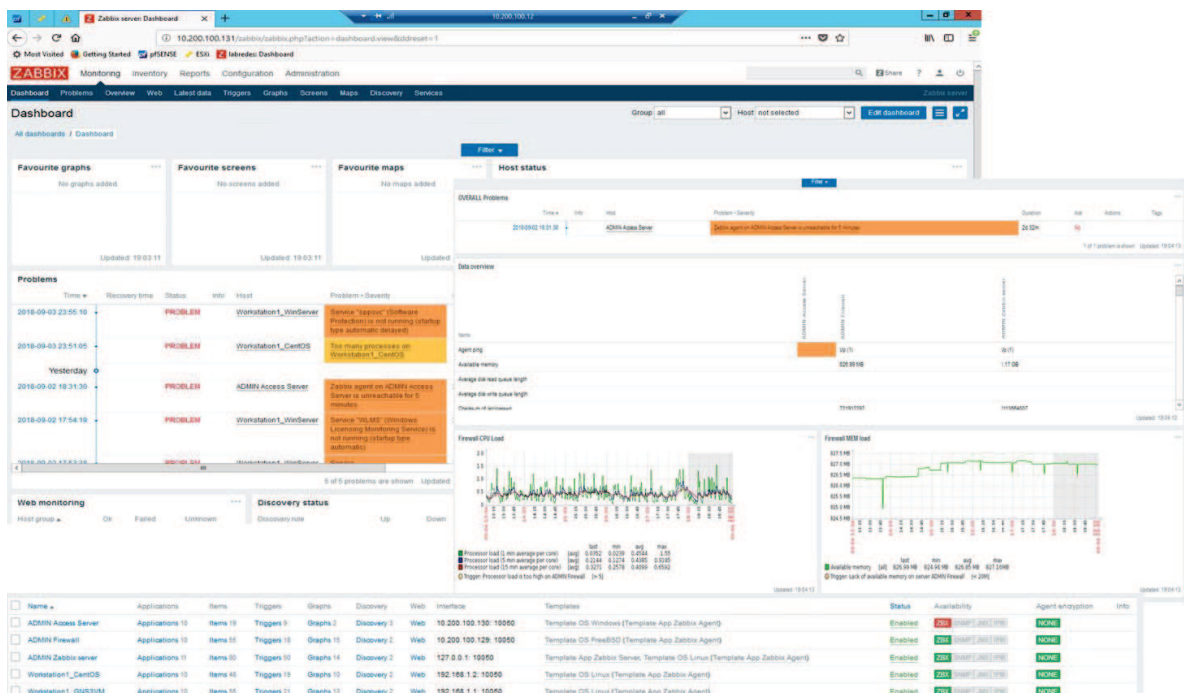


Figura 65 - Exemplo Zabbix front-end

#### 4.1.2.7 Domínio dos alunos: VM01, VM02

Estas duas máquinas virtuais fazem o papel da estação de trabalho que se encontra na sala de aula, servindo, no AMBIVeRT, como ponto de acesso gráfico ao emulador.

Os sistemas operativos escolhidos para funcionar nestas duas máquinas virtuais foram:

- **VM01 - Microsoft Windows Server 2008 R2 Essentials:** Este sistema foi a opção escolhida dos ambientes Microsoft pelas seguintes razões:
  - **Estabilidade:** pretende-se ter a máxima estabilidade e um sistema *always-on*, ou seja, acedível 24x7x365. Embora uma opção orientada ao mercado residencial como Windows 7/8/10 pudesse ser mais apelativa, a “robustez” é um dos pilares da vertente Server da família Microsoft.
  - **Compromisso funcionalidades <-> requisitos:** embora já existam versões mais recentes do Windows Server<sup>28</sup>, o Windows Server 2008 tem uma excelente relação compatibilidade <-> funcionalidades <-> requisitos de sistema (Patrizio, 2015). Além disso, as versões seguintes deste sistema operativo são orientadas à virtualização com Hyper-V, o que cria consumo desnecessário aos recursos do sistema.
- **VM02 - Linux CentOS:** O CentOS foi o sistema operativo escolhido para esta segunda máquina virtual por estar par-a-par com os sistemas Microsoft (Barker, 2014), a nível académico, residencial e empresarial, sendo uma versão análoga ao Windows Server no especto em que combina estabilidade e funcionalidade com a vantagem de ser livre.

Fica assim a representação da bancada 1 com as suas máquinas virtuais:

<sup>28</sup> À altura desta dissertação existem também as versões 2012 e 2016 do Microsoft Windows Server.



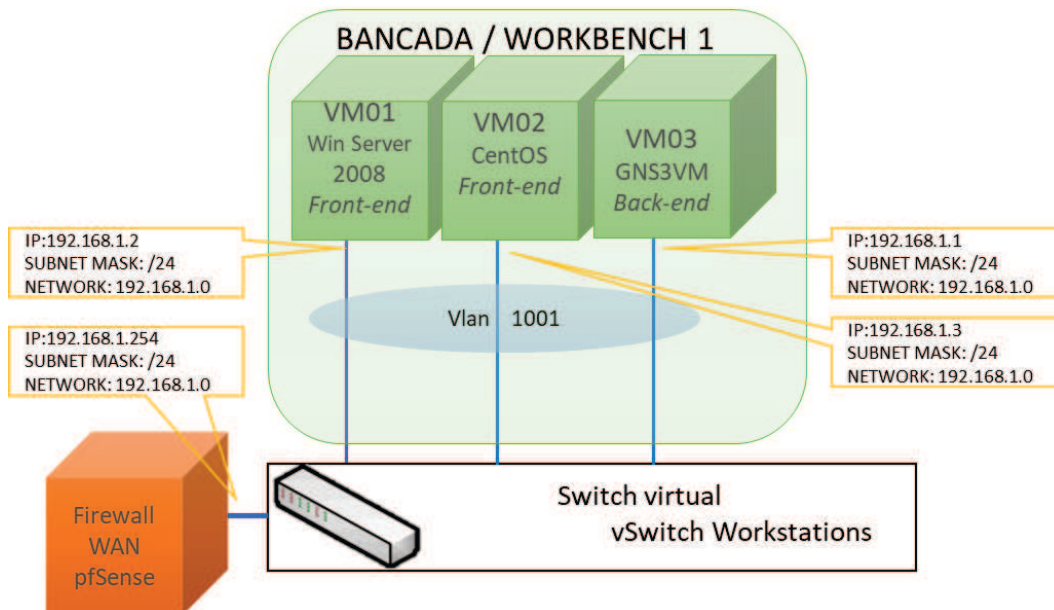


Figura 66 - Bancada 1 com as ligações à firewall

### 4.1.3 Software de cliente

Nesta dissertação, o cliente simboliza o computador que os alunos utilizam para ligação à sua bancada virtual. Não existem requisitos estritos, podendo ser utilizado qualquer computador relativamente recente, desde que tenha capacidade de cumprir os dois pontos indispensáveis abaixo:

- Permitir a instalação do software da VPN que estabelece a sessão à rede interna do IPCB (no caso de o acesso ser via Internet).
- Instalação e utilização de um software que permita estabelecer com sucesso uma ligação remota ao sistema.

Nos subcapítulos seguintes descrevem-se as aplicações e respetivos requisitos.

#### 4.1.3.1 VPN para acesso ao sistema

O servidor encontra-se na rede privada do Instituto Politécnico de Castelo Branco. Para acesso a este sistema é necessária a utilização da VPN Palo Alto, que é proporcionada pelos serviços informáticos aos alunos e colaboradores.

Esta aplicação funciona em Microsoft Windows, Linux, Apple e Android. Na tabela seguinte encontram-se os requisitos mínimos para um sistema operativo Linux retirado de <https://www.paloaltonetworks.com>:

Tabela 19 - Requisitos GlobalProtect, Linux

Requisitos mínimos	
CPU	Processador de 64-bit
Memória RAM	256MB
Espaço em disco	100MB
Distribuições Linux	Suporte a varias distribuições Linux
Formatos	.deb , .rpm , .tar

O seu *setup* é relativamente simples, bastando instalar e fazer login com as credenciais facilitadas pelos serviços informáticos.

#### 4.1.3.2 Software de acesso remoto

Para acesso remoto, deve utilizar-se um dos protocolos que foi ativado e configurado pelo administrador de sistema. Normalmente, para acesso gráfico a máquinas Windows, é utilizado o Remote Desktop Protocol (RDP). Para sistemas Linux, utiliza-se Secure Shell (SSH) para ligação por linha de comandos ou Virtual Network Computing (VNC) para acesso gráfico.

Analizam-se, de seguida, as várias opções:

- **Remote Desktop (RDP)**

Remote Desktop Connection é a ferramenta que se encontra instalada “por omissão” nos computadores Windows e apenas é suportada pelos sistemas operativos Microsoft. É simples e de fácil utilização, mapeando automaticamente os discos do computador remoto.

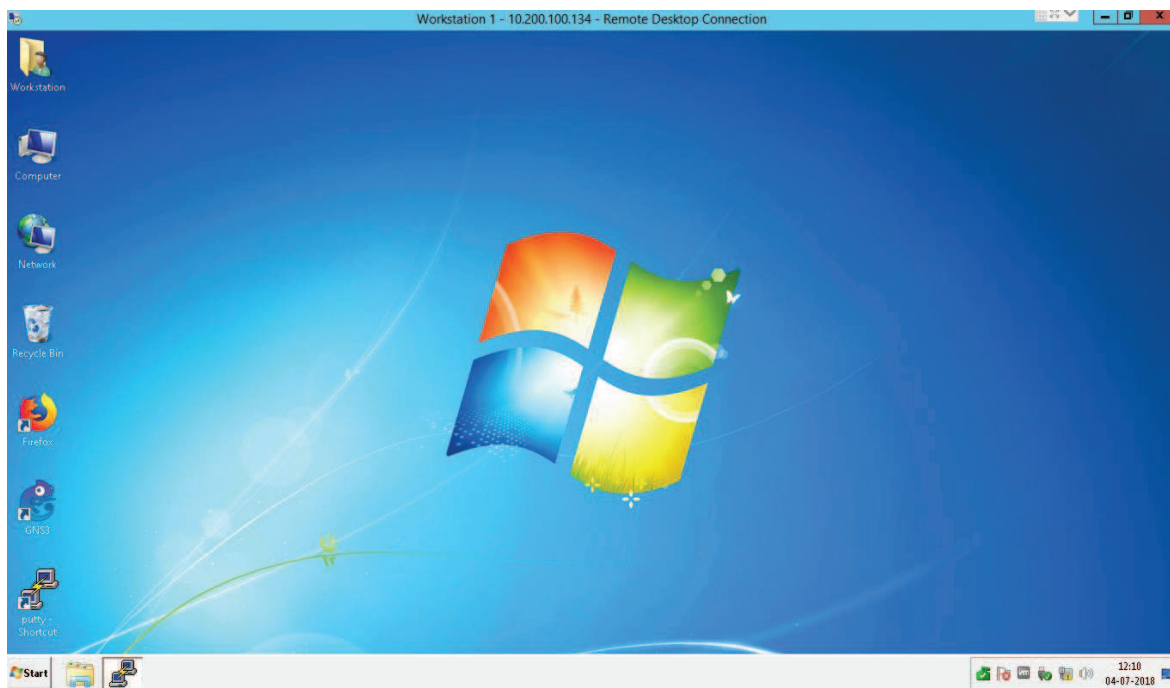


Figura 67 - Exemplo Remote Desktop

No caso de o utilizador não usar Microsoft Windows, existem outras alternativas multi-sistema como FreeRDP (<http://www.freerdp.com/>), Remmina (<https://remmina.org/>) ou Vinagre (<https://wiki.gnome.org/Apps/Vinagre>).

- **Secure Shell (SSH)**

SSH é atualmente o standard relativamente a ligações não-gráficas, ou seja, apenas linha de comandos. Este protocolo estabelece uma ligação segura e cifrada entre o cliente e o servidor. É tipicamente utilizado para conectar a equipamentos de rede e Linux.

O programa mais utilizado na área é o Putty, demonstrado na figura seguinte.



Para além dos programas referidos neste subcapítulo, existem outros que aglomeram todos estes protocolos e tecnologias. Nesta dissertação o autor emprega o mRemoteNG, que é livre e de simples utilização. Segundo a página oficial, suporta os seguintes protocolos:

- RDP (Remote Desktop/Terminal Server)
- VNC (Virtual Network Computing)
- ICA (Citrix Computing Architecture)
- SSH (Secure Shell)
- Telnet (TELEcommunication NETWORK)
- HTTP/HTTPS (Hypertext Transfer Protocol)
- rlogin
- Raw Socket Connections

Abaixo uma captura de ecrã, exemplo retirado desta aplicação a ser utilizada neste projeto:

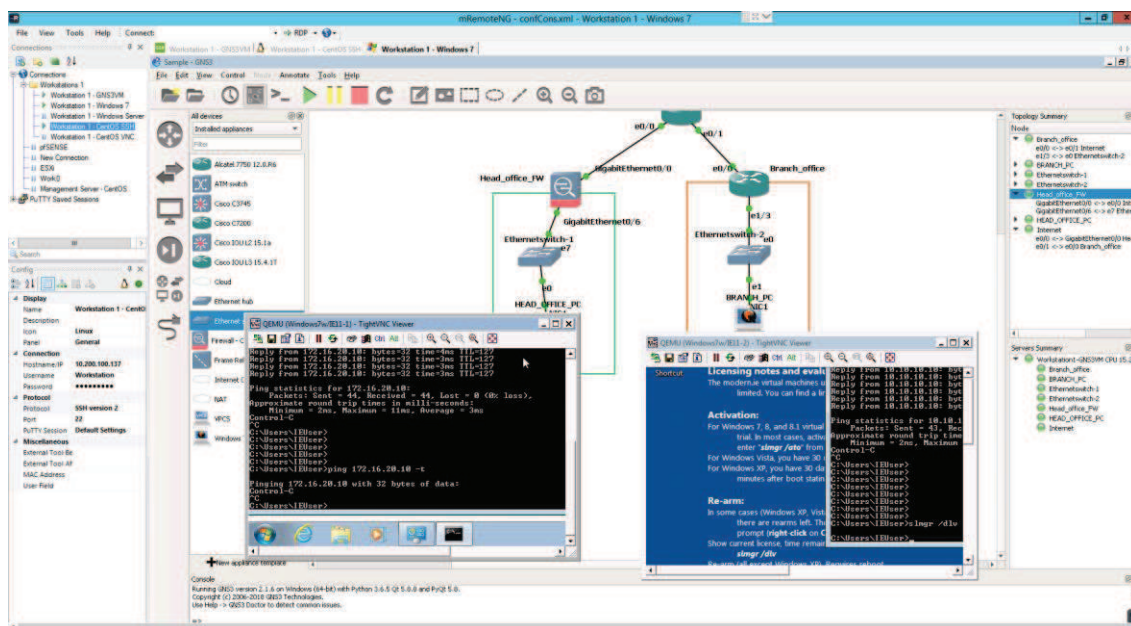


Figura 70 - mRemoteNG

A nível de requisitos mínimos, necessita de um computador com Microsoft Windows 7 (ou mais recente) em funcionamento. A lista completa de requisitos pode ser encontrada em <https://github.com/mRemoteNG/mRemoteNG/wiki/Prerequisites>.

## 4.2 Solução desenvolvida

### 4.2.1 Otimização e tolerância a falhas

Para as bancadas dos alunos há princípios importantes que foram considerados no design e planeamento do sistema:

- Redução do tamanho e eliminação de funcionalidades desnecessárias.

Cada uma das máquinas virtuais das bancadas consiste num sistema operativo que inclui de fábrica determinadas funcionalidades. Enquanto que para a maior parte dos utilizadores essas funcionalidades são úteis, neste caso consomem recursos de sistema e espaço em disco desnecessariamente. Na mesma medida, acrescentaram-se programas úteis a este projeto. A tabela seguinte tem a descrição das alterações:

Tabela 20 - Alterações efetuadas aos sistemas operativos

Microsoft Windows Server 2008	Linux CentOS	GNS3VM
Instalação das VMWare tools fornecidas pelo hypervisor		
Instalação do Mozilla Firefox	Desativação do serviço firewall	Carregamento no ambiente virtual:
Instalação do cliente GNS3	Desativação do SELinux	-Imagens Cisco: Switch, Router, Firewall -Sistemas Operativos: Windows7, Ubuntu, Ostinato
Copia do Notepad++ e WinSCP	Instalação do cliente GNS3	-VPCS (Virtual PC Simulator): emulador PC com suporte a DHCP, IP. -Internet: Nuvem de NAT para ligação à rede externa
Desativação do serviço firewall	Instalação do VNC	Instalação do serviço http
Desinstalação e remoção de diversos serviços desnecessários no sistema operativo		
Instalação e ativação do agente Zabbix		
Configuração de rede IP automática por DHCP		

- Rapidez no *deployment*/implantação das máquinas virtuais.

Estes sistemas operativos foram preparados e “empacotados” no formato Open Virtualization Format (OVF). Este formato *open-source* foi criado com o objetivo de “embalar” e distribuir facilmente aplicações e máquinas virtuais num único pacote (Rouse, 2012). Após exportação são criados dois tipos de ficheiros:

- Um ficheiro de extensão .OVF com as configurações da máquina virtual.
- Um ou vários ficheiros .VMDK que correspondem aos sistemas de ficheiros das máquinas virtuais. É criado um ficheiro por cada partição.

Durante a exportação as máquinas virtuais são compactadas. Na tabela seguinte está a lista dos ficheiros que foram gerados para as 3 VM da bancada dos alunos.

Estas imagens estão guardadas no Access Server no domínio dos administradores.



Tabela 21 - Tamanho final das imagens dos sistemas operativos no formato OVF

Sistema Operativo	Tamanho dos ficheiros em byte ( 1GB = 1 073 741 824 bytes)
Linux CentOS	Directory of S:\2.Backup Workstation\VM_CentOS 2 965 875 712 disk-0.vmdk 8 858 Workstation0_VM02-CentOS.ovf 2 File(s) 2 965 884 570 bytes
GNS3VM	Directory of S:\2.Backup Workstation\VM_GNS3 1 125 762 048 disk-0.vmdk 6 839 792 128 disk-1.vmdk 8 695 Workstation0_VM03-GNS3VM.ovf 3 File(s) 7 965 562 871 bytes
Microsoft Windows Server 2008	Directory of S:\2.Backup Workstation\VM_Windows Server 6 986 438 144 disk-1.vmdk 9 202 Workstation0_VM01-WinServ2008.ovf 2 File(s) 6 986 447 346 bytes

Foi feito um estudo de quais são os requisitos mínimos de CPU e RAM para que as VMs funcionem fluidamente sem arrasto nem degradação de performance. Após fazer o *deploy* no VMWare ESXi, as máquinas virtuais da bancada dos alunos ficaram com as seguintes características técnicas:

Tabela 22 - Características das VMs

Microsoft Windows Server 2008											
<b>Workstation0_VM01-WinServ2008</b>											
Guest OS	Microsoft Windows Server 2008 R2 (64-bit)										
Compatibility	ESXi 6.5 and later (VM version 13)										
VMware Tools	Yes										
CPUs	2										
Memory	4 GB										
Host name	WIN-009R55VSNRG										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Hardware Configuration</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CPU</td> <td>2 vCPUs</td> </tr> <tr> <td>Memory</td> <td>4 GB</td> </tr> <tr> <td>Hard disk 1</td> <td>30 GB</td> </tr> </tbody> </table>		Hardware Configuration		CPU	2 vCPUs	Memory	4 GB	Hard disk 1	30 GB		
Hardware Configuration											
CPU	2 vCPUs										
Memory	4 GB										
Hard disk 1	30 GB										
Linux CentOS											
<b>Workstation1_VM02-CentOS</b>											
Guest OS	CentOS 7 (64-bit)										
Compatibility	ESXi 6.5 and later (VM version 13)										
VMware Tools	Yes										
CPUs	2										
Memory	2 GB										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Hardware Configuration</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CPU</td> <td>2 vCPUs</td> </tr> <tr> <td>Memory</td> <td>2 GB</td> </tr> <tr> <td>Hard disk 1</td> <td>20 GB</td> </tr> </tbody> </table>		Hardware Configuration		CPU	2 vCPUs	Memory	2 GB	Hard disk 1	20 GB		
Hardware Configuration											
CPU	2 vCPUs										
Memory	2 GB										
Hard disk 1	20 GB										
GNS3VM											
<b>Workstation1_VM03-GNS3VM</b>											
Guest OS	Ubuntu Linux (64-bit)										
Compatibility	ESXi 5.1 and later (VM version 9)										
VMware Tools	Yes										
CPUs	2										
Memory	2 GB										
Host name	gns3vm										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Hardware Configuration</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CPU</td> <td>2 vCPUs</td> </tr> <tr> <td>Memory</td> <td>2 GB</td> </tr> <tr> <td>Hard disk 1</td> <td>19.53 GB</td> </tr> <tr> <td>Hard disk 2</td> <td>97.66 GB</td> </tr> </tbody> </table>		Hardware Configuration		CPU	2 vCPUs	Memory	2 GB	Hard disk 1	19.53 GB	Hard disk 2	97.66 GB
Hardware Configuration											
CPU	2 vCPUs										
Memory	2 GB										
Hard disk 1	19.53 GB										
Hard disk 2	97.66 GB										

NOTA: Estes valores podem ser alterados em qualquer altura à discrição do utilizador. Para tal, basta fazer *shutdown* / desligar a máquina virtual, fazer a alteração e ligar novamente a VM.

- Garantir backups/snapshots das máquinas virtuais.

Em caso de haver um upgrade ou alguma alteração nas máquinas virtuais, deve haver a possibilidade de tirar previamente uma “fotografia” (*snapshot*) da máquina virtual antes de proceder à alteração. Este é um processo que demora segundos a ser concluído. As *snapshots* ficam guardadas no *datastore* e podem ser utilizadas no futuro para reverter para um estado anterior.

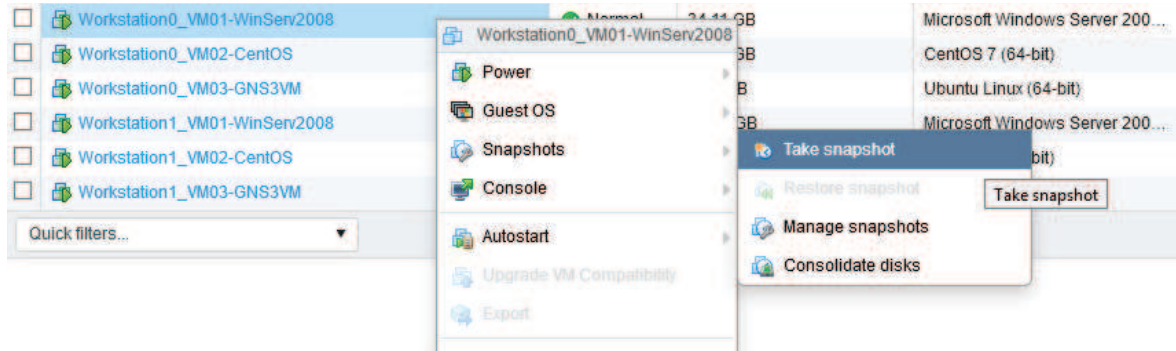


Figura 71 - Processo de fazer um snapshot de uma VM

No caso de pretender fazer um backup de uma máquina virtual, deve ser utilizada a opção de “*Export this VM as an OVF template*” para o próprio computador ou para o Access Server.

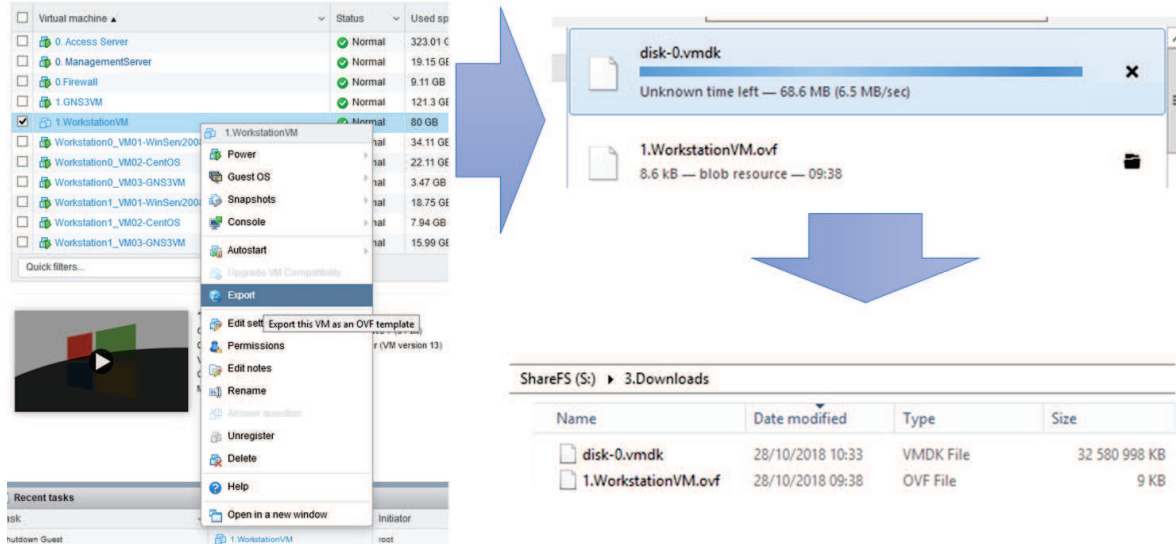


Figura 72 - Backup de uma VM em OVF

#### 4.2.2 Segurança e controlo

- Utilização de regras para controlar o tráfego.

A firewall permite agrupar as interfaces de ligação às várias bancadas dos alunos (figura 73) para mais comodamente aplicar políticas de controlo. Assim, facilita-se a aplicação de regras a todas as bancadas simultaneamente.

Interface Groups		
Name	Members	Description
Workbenchs	OPT0_WORKBENCH0, OPT1_WORKBENCH1, OPT2_WORKBENCH2, OPT4, OPT5, OPT6	Agrupamento das interfaces de ligação das bancadas

Figura 73 - Agrupamento de interfaces

Foram aplicadas 2 regras a este grupo que podem ser visualizadas na figura 74 e funcionam da seguinte forma:

Por omissão, a firewall descarta todo o tráfego proveniente das bancadas com exceção:

- Regra 1: Todas as transmissões com destino ao Management Server (Zabbix). Esta regra é fixa.
- Regra 2: Permitir todo o tráfego de entrada e saída. Esta regra serve para controlar o acesso dos alunos à Internet. Desativando, deixa de ser permitido às bancadas trocarem tráfego com o exterior e entre si.

The screenshot shows the Mikrotik WinBox interface for Firewall Rules configuration. The breadcrumb navigation is 'Firewall / Rules / Workbenchs'. A green notification bar at the top states: 'The changes have been applied successfully. The firewall rules are now reloading in the background. Monitor the filter reload progress.' Below this, there are tabs for 'Floating', 'Workbenchs', 'WAN', 'ADMINNETWORK', 'OPT0\_WORKBENCH0', 'OPT1\_WORKBENCH1', and 'OPT2\_WORKBENCH2'. The 'Workbenchs' tab is active. Underneath, there is a section 'Rules (Drag to Change Order)' with a table of rules:

States	Protocol	Source	Port	Destination	Port	Gateway	Queue	Schedule	Description	Actions
<input type="checkbox"/> <span style="color: green;">✓</span> 3 / 1.45 MiB	IPv4*	*	*	192.168.1.1/25	*	*	none		MANTER SEMPRE trafego com o ZABBIX	
<input type="checkbox"/> <span style="color: green;">✓</span> 0 / 0 B	IPv4+6*	*	*	*	*	*	none		DESACTIVAR PARA BLOQUEAR ACESSO À INTERNET! Default allow LAN to access anywhere (Internet)	

Figura 74 - Regras da firewall

- Controlo do endereçamento IP.

Tendo em conta a importância de minimizar lapsos ou má configuração no endereçamento IP das bancadas, planeou-se o sistema para que a atribuição de endereços IP seja feita via DHCP pela firewall. Porém, foi manualmente mapeado o endereço físico (*MAC address*) de cada VM ao IP pretendido. A figura seguinte demonstra este mapeamento para a bancada 1.

DHCP Static Mappings for this Interface			
Static ARP	MAC address	Client Id	IP address
	00:0c:29:7a:f1:1c		192.168.1.1
	00:0c:29:39:1b:66	Workstation1_VM01-WinServ2008	192.168.1.2
	00:0c:29:5c:67:60	Workstation1_VM02-CentOS	192.168.1.3

Figura 75 - Mapeamento estático de IP via DHCP



### 4.2.3 Acesso à bancada

- Ativação da VPN.

A VPN é fornecida pelos serviços informáticas do IPCB, que facultam um manual de instalação e credenciais para estabelecimento da ligação:

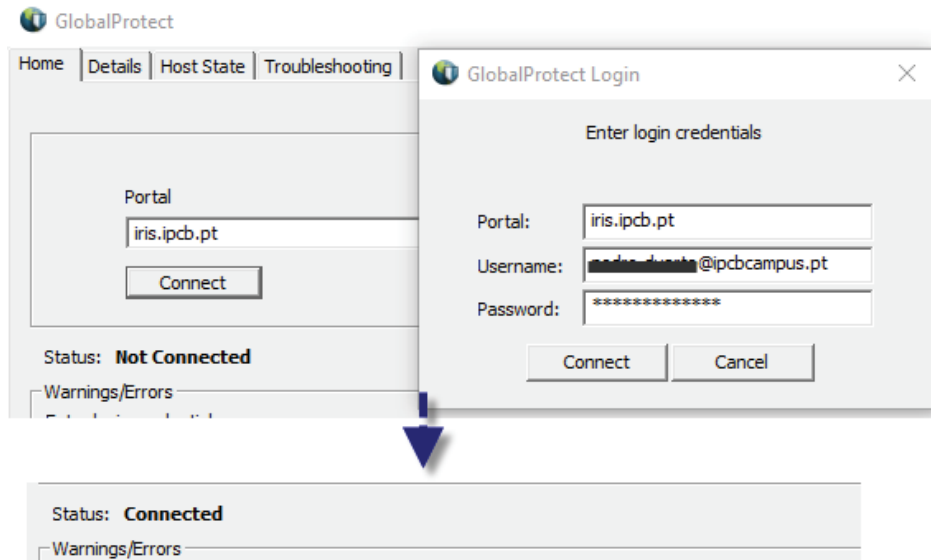


Figura 76 - Ativação da VPN

- Simplificação do acesso.

Nesta altura é feito no DNS interno do IPCB o mapeamento do IP da firewall do AMBIVeRT para o endereço interno ambivert.ipcb.pt. Desta forma, os utilizadores podem ligar ao sistema utilizando o endereço [ambivert.ipcb.pt](http://ambivert.ipcb.pt) em vez de um IP.

Posteriormente, foram aplicadas regras na interface de saída da firewall para que, ao receber pedidos a certos portos com determinados protocolos, os encaminhe para as interfaces internas.

A combinação dos dois pontos acima tem o objetivo de simplificar o acesso aos utilizadores.

Na tabela seguinte encontra-se a ordem de mapeamento seguido:

Tabela 23 - Mapeamento de encaminhamento de portos para acesso remoto

Número da bancada	Destino	Endereço destino externo	Porto destino externo	Mapeado para endereço interno	Mapeado para o porto interno
Bancada 1	VM01-WinServer RDP	<a href="http://ambivert.ipcb.pt">ambivert.ipcb.pt</a>	60101	192.168.1.2	3389 (MS RDP)
	VM02-CentOS VNC		60102	192.168.1.3	5901 (VNC)
Bancada 2	VM01-WinServer RDP	<a href="http://ambivert.ipcb.pt">ambivert.ipcb.pt</a>	60201	192.168.2.2	3389 (MS RDP)
	VM02-CentOS VNC		60202	192.168.2.3	5901
Bancada <i>n</i>	VM01-WinServer RDP	<a href="http://ambivert.ipcb.pt">ambivert.ipcb.pt</a>	60 <i>n</i> 01	192.168. <i>n</i> .2	3389 (MS RDP)
	VM02-CentOS VNC		60 <i>n</i> 02	192.168. <i>n</i> .3	5901 (VNC)

Na figura abaixo estão identificadas as regras configuradas na firewall.

Rules	Interface	Protocol	Source Address	Source Ports	Dest. Address	Dest. Ports	NAT IP	NAT Ports	Description	Actions	
<b>Workbench 0</b>											
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	WAN	TCP	*	*	WAN address	60001	192.168.0.2	3389 (MS RDP)	Workbench0 VM01-WinServer RDP
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	WAN	TCP	*	*	WAN address	60002	192.168.0.3	5901	Workbench0 VM02-CentOS VNC
<b>Workbench 1</b>											
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	WAN	TCP	*	*	WAN address	60101	192.168.1.2	3389 (MS RDP)	Workbench1 VM01-WinServer RDP
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	WAN	TCP	*	*	WAN address	60102	192.168.1.3	5901	Workbench1 VM02-CentOS VNC
<b>Workbench 2</b>											
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	WAN	TCP	*	*	WAN address	60101	192.168.2.2	3389 (MS RDP)	Workbench2 VM01-WinServer RDP
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	WAN	TCP	*	*	WAN address	60102	192.168.2.3	5901	Workbench2 VM02-CentOS VNC

Figura 77 - Redireccionamento de portos na firewall

Por último, exemplifica-se na figura seguinte a ligação à bancada 1: VM01 na esquerda e VM02 na direita:

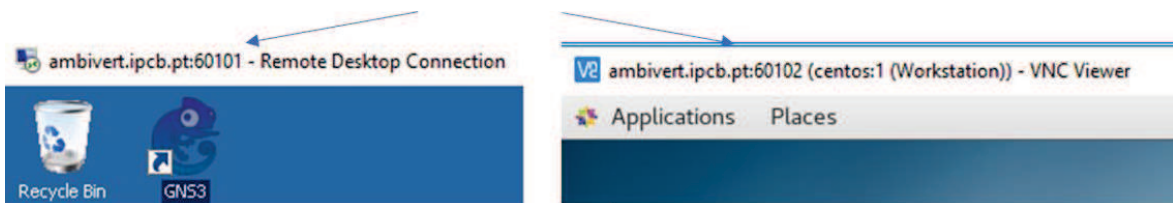


Figura 78 - Exemplo: acesso à bancada 01

#### 4.2.4 Preparação do emulador

A nível do emulador, existem três partes importantes:

- Configuração no ambiente gráfico do IP da GNS3VM.

Sempre que é criada uma bancada nova é necessário aceder ao *front-end* e configurar a aplicação com o IP correto. Isto consegue-se abrindo a aplicação (Windows ou Linux), Edit> Preferences> Server> Main Server > IP da GNS3VM desta bancada.

No exemplo seguinte, configura-se o *back-end* da bancada 1:

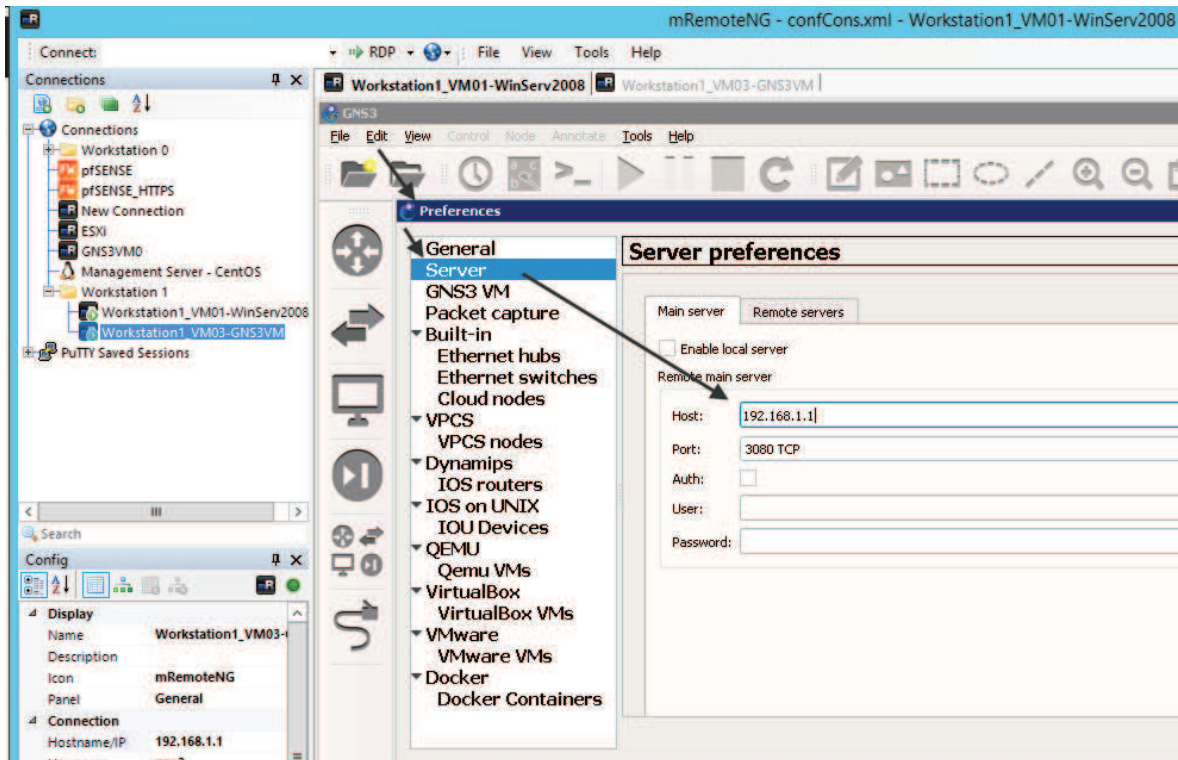


Figura 79 - Configurando o IP do servidor no cliente

Este passo tem que ser feito inicialmente e manualmente na VM01 e VM02 sempre que é lançada uma bancada nova.

- Carregamento de imagens/appliances.

O emulador foi, como explicado em 4.2.1, preparado com as imagens e *appliances* que são tipicamente utilizadas numa sala de redes. As imagens carregadas no emulador foram:

- Cisco L2, L3 Switch
- Cisco ASA Firewall w/ASDM
- Cisco L3 Router
- Cisco L3 Pagent
- Microsoft Windows 7 com IE11
- Ubuntu Desktop Guest 17.04
- Ostinato 0.9
- Internet cloud (Core Linux)
- Virtual PC Simulator (VPCS)

Na figura seguinte vêem-se as *appliances* disponíveis que foram carregadas no emulador:

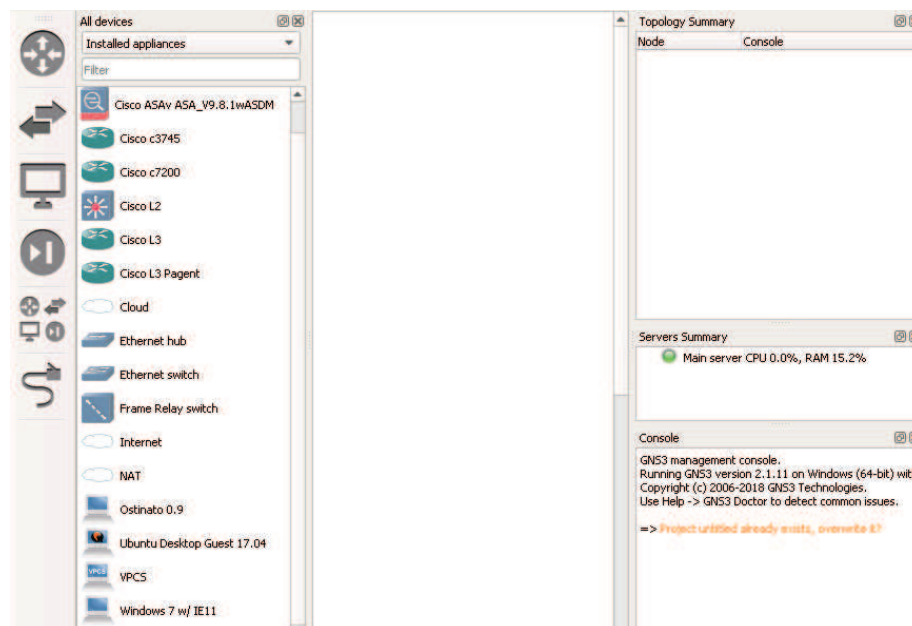


Figura 80 - GNS3 com as appliances instaladas

Na GNS3VM estes elementos são guardados em /opt/gns3/images:

Tabela 24 - Imagens e appliances na máquina virtual GNS3

```

gns3@gns3vm:~$ ls -tralh /opt/gns3/images/*

/opt/gns3/images/IOS:
total 192M
gns3 gns3 98M Oct 27 13:27 c7200-adviservicesk9-mz150-1M.image
gns3 gns3 32 Oct 27 13:27 c7200-adviservicesk9-mz150-1M.image.md5sum
gns3 gns3 95M Oct 27 14:20 c3745-adventerprisek9_ivs-mz.124-15.T8.image
gns3 gns3 32 Oct 27 14:20 c3745-adventerprisek9_ivs-mz.124-15.T8.image.md5sum

/opt/gns3/images/QEMU:
total 8.7G
gns3 gns3 3.9G Oct 27 15:29 IE11_-_Win7-disk1.vmdk
gns3 gns3 32 Oct 27 15:30 IE11_-_Win7-disk1.vmdk.md5sum
gns3 gns3 97M Oct 27 15:33 ostinato-0.9-1.qcow2
gns3 gns3 32 Oct 27 15:33 ostinato-0.9-1.qcow2.md5sum
gns3 gns3 4.5G Oct 27 15:37 Ubuntu_17.04-VM-64bit.vmdk
gns3 gns3 32 Oct 27 15:38 Ubuntu_17.04-VM-64bit.vmdk.md5sum
gns3 gns3 234M Oct 27 15:46 asav992.qcow2
gns3 gns3 32 Oct 27 15:46 asav992.qcow2.md5sum
gns3 gns3 16M Oct 27 16:15 core-linux-6.4-internet-0.1.img
gns3 gns3 32 Oct 27 16:15 core-linux-6.4-internet-0.1.img.md5sum

/opt/gns3/images/I0:
total 341M
gns3 gns3 146M Oct 27 15:34 i86bi-linux-l3-adventerprisek9-15.4.1T.bin
gns3 gns3 32 Oct 27 15:34 i86bi-linux-l3-adventerprisek9-15.4.1T.bin.md5sum
gns3 gns3 95M Oct 27 15:35 i86bi-linux-l3-tpgen-adventerprisek9-12.4.bin
gns3 gns3 32 Oct 27 15:35 i86bi-linux-l3-tpgen-adventerprisek9-12.4.bin.md5sum

```

- Projetos gravados.

O GNS3 possibilita a gravação centralizada na GNS3VM de um projeto para trabalho futuro. Abaixo é possível ver os projetos no ambiente gráfico, e a pasta no servidor onde ficam guardados:

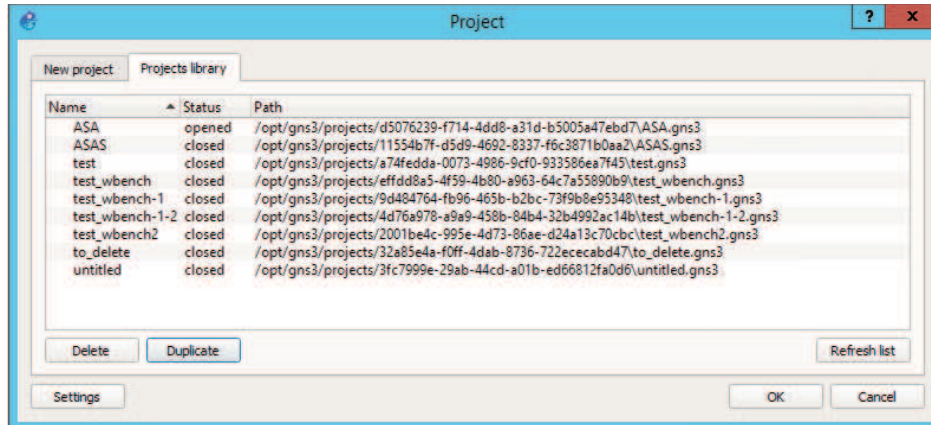


Figura 81 - Projetos guardados na GNS3VM visto na aplicação gráfica

Tabela 25 - Projetos guardados na GNS3VM visto por Linux shell

```

gns3@gns3vm:~$ ls -tlrh /opt/gns3/projects/*
/opt/gns3/projects/effdd8a5-4f59-4b80-a963-64c7a55890b9:
drwxr-xr-x 6 gns3 gns3 4.0K Dec 24 2017 project-files
-rw-r--r-- 1 gns3 gns3 78K Dec 24 2017 test_wbench.gns3

/opt/gns3/projects/9d484764-fb96-465b-b2bc-73f9b8e95348:
drwxr-xr-x 8 gns3 gns3 4.0K Dec 25 2017 project-files
-rw-r--r-- 1 gns3 gns3 90K Dec 25 2017 test_wbench-1.gns3

/opt/gns3/projects/2001be4c-995e-4d73-86ae-d24a13c70cbc:
drwxr-xr-x 6 gns3 gns3 4.0K Dec 24 2017 project-files
-rw-r--r-- 1 gns3 gns3 83K Jan 2 2018 test_wbench2.gns3

/opt/gns3/projects/a74fedda-0073-4986-9cf0-933586ea7f45:
drwxr-xr-x 4 gns3 gns3 4.0K Jan 7 2018 project-files
-rw-r--r-- 1 gns3 gns3 2.6K May 31 17:18 test.gns3

/opt/gns3/projects/4d76a978-a9a9-458b-84b4-32b4992ac14b:
drwxr-xr-x 8 gns3 gns3 4.0K Dec 28 2017 project-files
-rw-r--r-- 1 gns3 gns3 78K May 31 17:19 test_wbench-1-2.gns3

/opt/gns3/projects/11554b7f-d5d9-4692-8337-f6c3871b0aa2:
drwxr-xr-x 7 gns3 gns3 4.0K Jun 1 14:28 project-files
-rw-r--r-- 1 gns3 gns3 15K Jun 1 15:26 ASAS.gns3

/opt/gns3/projects/32a85e4a-f0ff-4dab-8736-722ececabd47:
drwxr-xr-x 4 gns3 gns3 4.0K Jun 6 13:34 project-files
-rw-r--r-- 1 gns3 gns3 3.3K Jun 6 13:36 to_delete.gns3

/opt/gns3/projects/3fc7999e-29ab-44cd-a01b-ed66812fa0d6:
-rw-r--r-- 1 gns3 gns3 23K Oct 13 12:52 untitled.gns3
drwxr-xr-x 5 gns3 gns3 4.0K Oct 20 15:07 project-files

/opt/gns3/projects/d5076239-f714-4dd8-a31d-b5005a47ebd7:
drwxr-xr-x 6 gns3 gns3 4.0K May 31 20:17 project-files
-rw-r--r-- 1 gns3 gns3 15K Oct 28 15:34 ASA.gns3
    
```

### 4.3 Síntese

Neste capítulo descreveram-se as aplicações, softwares e sistemas operativos utilizados e a forma como foram configurados para cumprirem os requisitos do trabalho. Em sumário, as principais razões que levaram às escolhas são:

- Minimização dos custos.
- Quantidade de informação disponível online.
- Escalabilidade da plataforma.

Na figura seguinte, ilustra-se o ambiente virtual, já com o nome de todos os atores envolvidos.

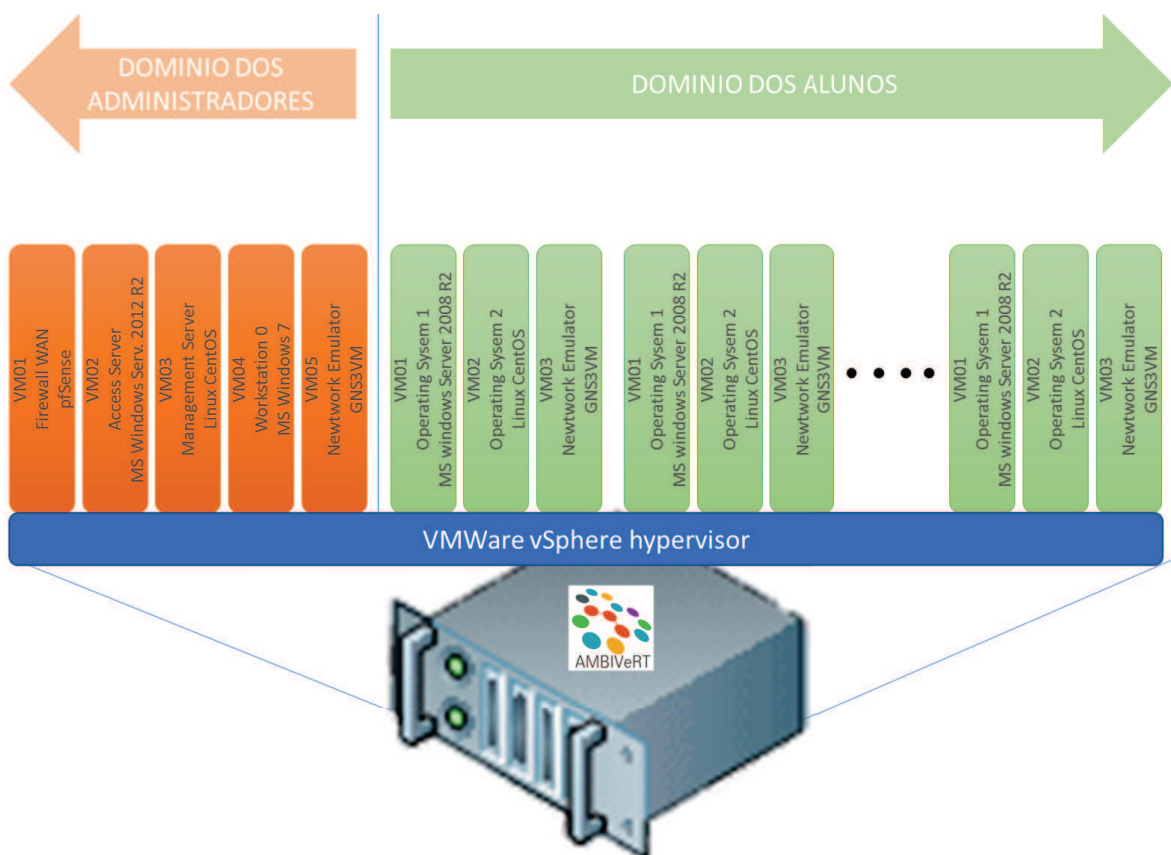


Figura 82 - Sistema virtualizado com os nomes dos sistemas



## 5 Testes

### 5.1 Integração e configuração de nova bancada / Workbench

Neste subcapítulo descreve-se o processo de instalação e integração de uma nova bancada, incluindo as configurações necessárias. Este processo consiste em 5 partes:

- Integração de um *template* de cada máquina virtual no *hypervisor*.
- Hypervisor - recolha de endereços MAC.
- Firewall - Mapeamento IP <-> MAC.
- Primeiro acesso às bancadas virtuais.
- Adicionando novas bancadas ao Zabbix.

Cada um destes passos é explicado e detalhado em seguida.

#### 5.1.1 Hypervisor - deploy do OVF no hypervisor

Em 4.2 referiu-se a otimização e preparação das máquinas virtuais que vão ser usadas para lançamento de novas bancadas no domínio dos alunos. As *templates* em formato *ovf* são, neste ponto, utilizadas para criar novas máquinas virtuais.

Para tal, deve aceder-se à página de gestão do *hypervisor* e clicar em “*Create / Register VM*”, deparando-se o administrador com a seguinte janela:

- a) Criar uma nova máquina virtual – Deploy OVF and VMDK

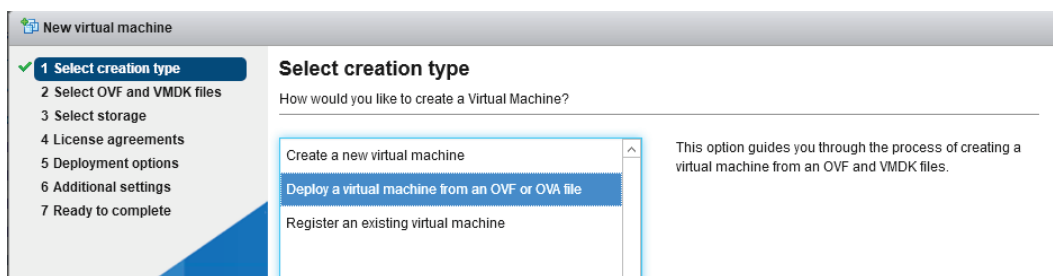


Figura 83 - Seleção da opção OVF/OVA file

- b) Providenciar um nome e selecionar os ficheiros correspondentes à máquina virtual que se pretende instalar. Estes ficheiros foram previamente guardados no Access Server, como pode ser observado na tabela 21 em 4.2.1.

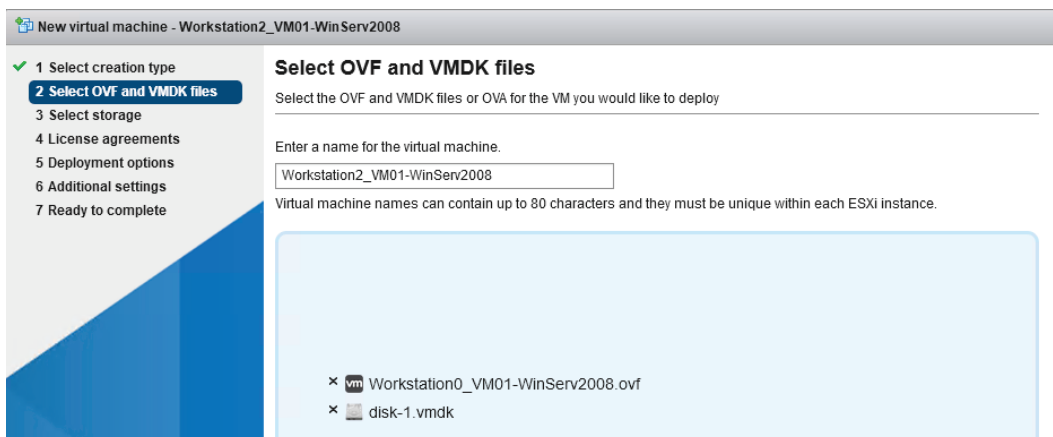


Figura 84 - Definição do nome e ficheiros OVF, VMDK

- c) Selecionar o *storage* onde vai ficar alojada a máquina virtual. Estão à disposição dois sistemas de ficheiros, cada um com 1TB. As bancadas dos alunos devem ficar alojadas no V99L02:

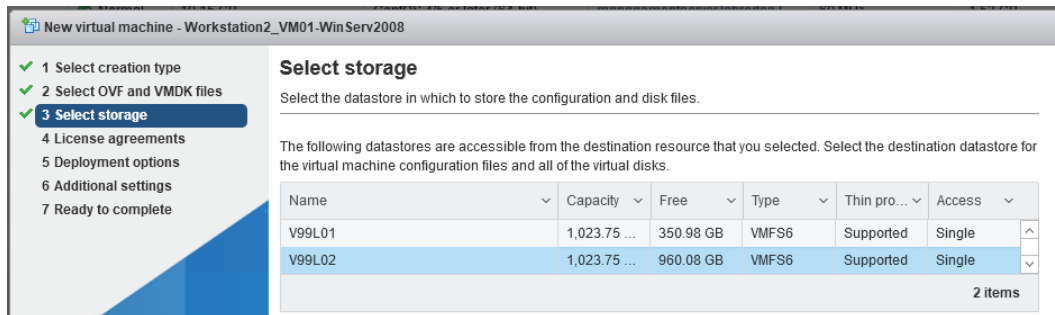


Figura 85 - Seleção do storage para a bancada

- d) Selecionar o mapeamento da rede seguindo a lógica de numeração explicada em 3.3.2 (neste caso seleciona-se a rede *Workstation 2*), e o tipo de aprovisionamento “Thin”<sup>29</sup>:

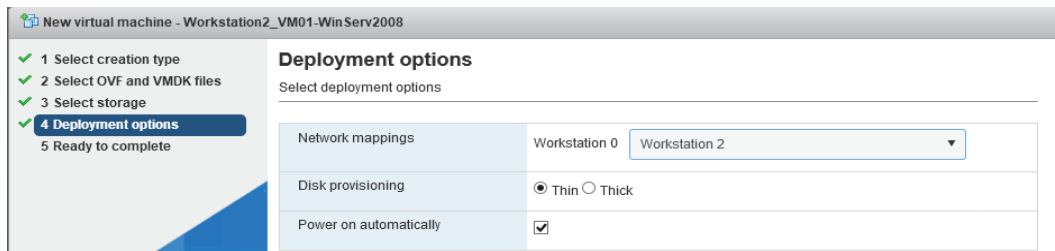


Figura 86 - Tipo de deployment

- e) Confirmar as escolhas efetuadas e finalizar pressionando o botão “Finish”

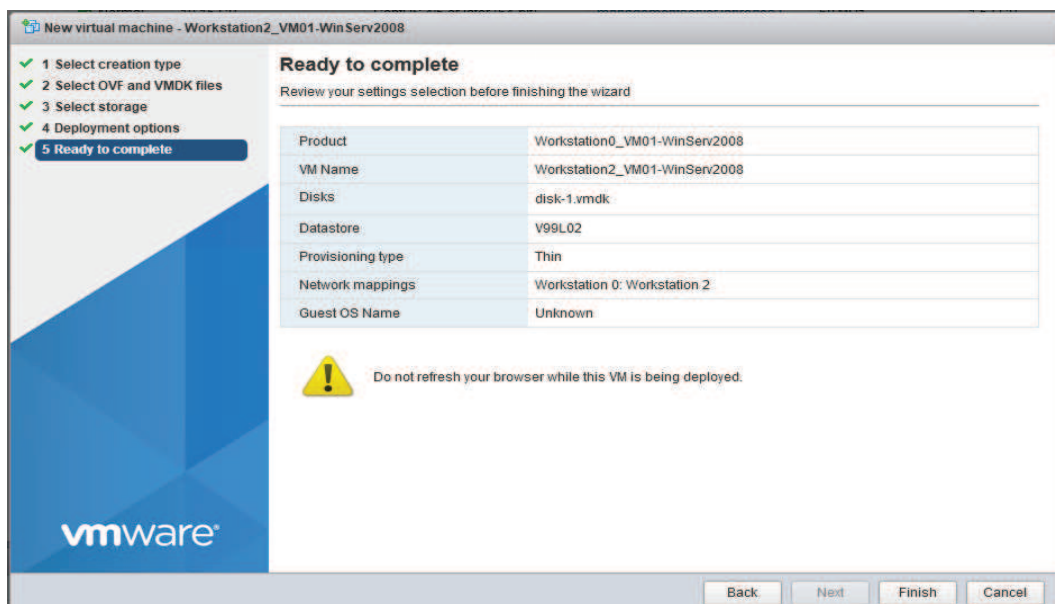


Figura 87 - Revisão de opções e confirmação

<sup>29</sup> Com “thin provisioning” o espaço em disco é disponibilizado à VM, mas não é alocado no datastore. Ex. Numa VM Windows com 50GB de disco, mas apenas 20GB de espaço ocupado, apenas os 20GB serão ocupados no datastore.



O processo deve ser repetido mais 2 vezes, para as restantes máquinas virtuais no sistema. Estas tarefas podem ser acompanhadas na parte inferior da janela do browser:

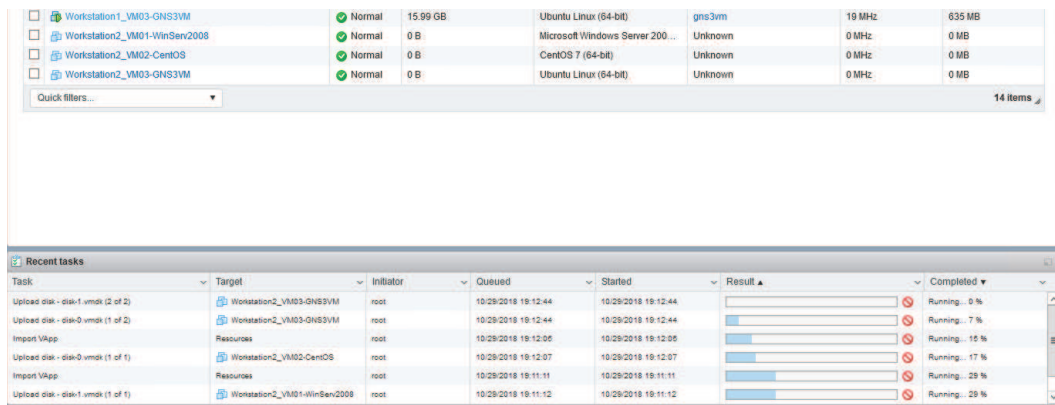


Figura 88 - Integração de novas máquinas virtuais

Após estar concluída a tarefa, as máquinas virtuais arrancam automaticamente:

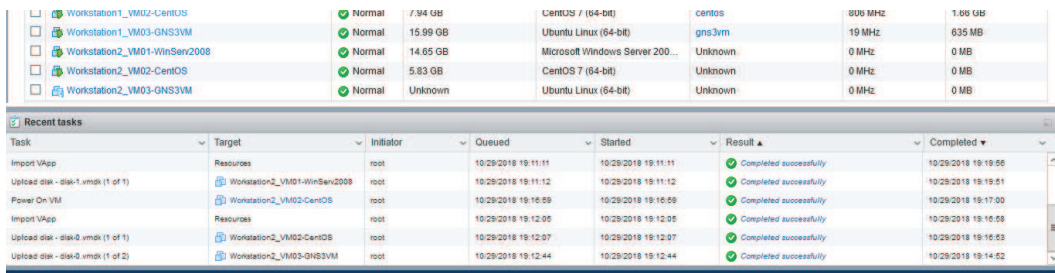


Figura 89 - Conclusão do deployment de nova bancada

### 5.1.2 Hypervisor - recolha de endereços MAC

Como explicado em 3.3.4.3, o mapeamento IP das bancadas é feito pela firewall em função do endereço MAC de cada uma das VM que foram agora criadas. É assim necessário obter neste momento este endereço, que foi gerado automaticamente pelo sistema por cada uma destas novas máquinas virtuais.

Para tal, acede-se à configuração de cada uma das máquinas virtuais para copiar o endereço MAC.

a) Clicar em cada uma das máquinas virtuais:

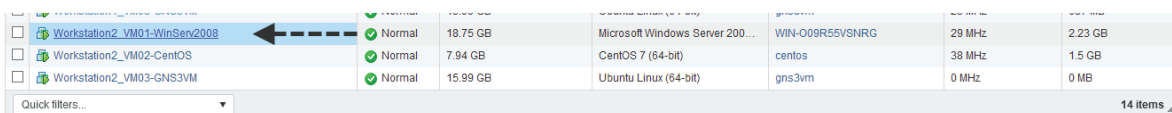


Figura 90 - Selecionar a VM

b) Tomar nota do endereço MAC, visível na imagem abaixo:

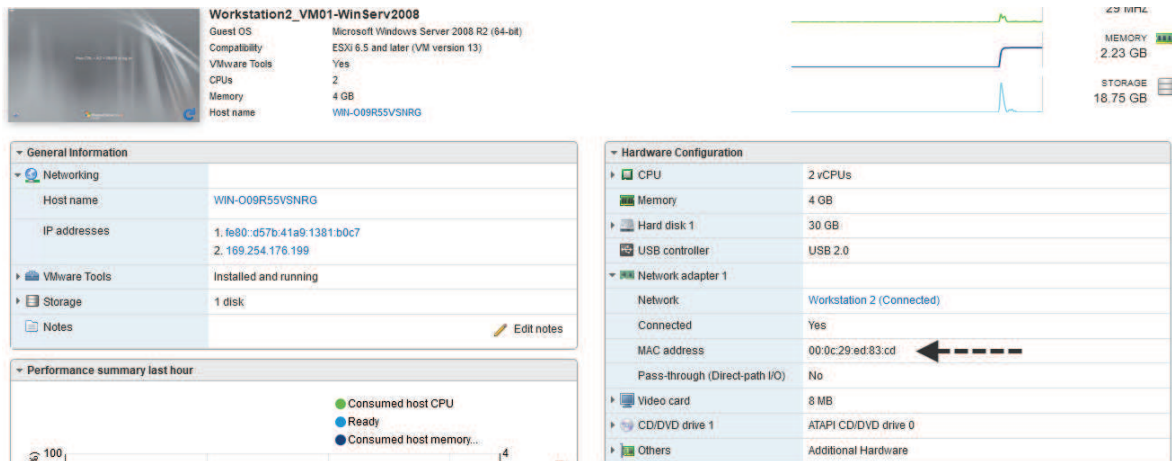


Figura 91 - Recolha do endereço MAC da máquina virtual

Neste caso, para as 3 máquinas virtuais da bancada 2 fica-se com:

Workstation2\_VM01-WinServ2008 - 00:0c:29:ed:83:cd  
 Workstation2\_VM02-CentOS - 00:0c:29:37:7c:10  
 Workstation2\_VM03-GNS3VM - 00:0c:29:65:e3:4e

### 5.1.3 Firewall - Mapeamento IP <-> MAC

Agora que já se obtiveram os endereços físicos (MAC) é necessário configurar a firewall com os endereços IP pretendidos. Como referido em 3.3.3, a gama de IPs é definida em função do número da bancada.

Neste caso concreto, trata-se da bancada 2 que utiliza a sub-rede 192.168.2.0. A interface de saída da bancada 2 tem o nome OPT2\_WORKBENCH2 e foi previamente configurada com o IP 192.168.2.254.

a) Aceder à firewall e seleccionar o serviço *DHCP Server* e a interface OPT2\_WORKBENCH2:

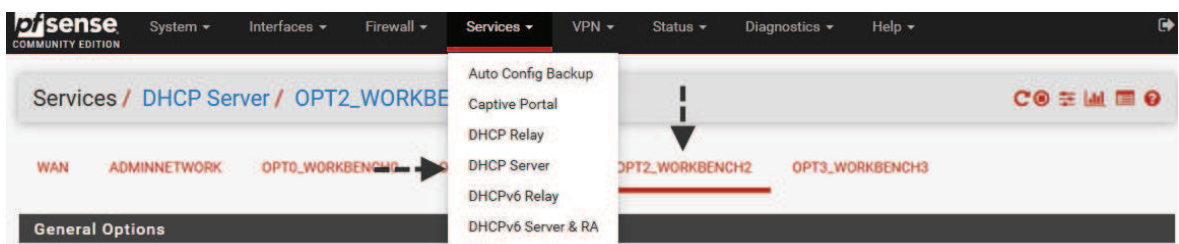


Figura 92 - Iniciando a configuração do mapeamento DHCP

b) Ativar a opção de “Enable DHCP server on OPT2\_WORKBENCH2 interface” no início da página, definir uma gama de endereços que pode ser utilizada para atribuição automática (estipulou-se desde o .100 até ao .200) e fazer “Save” no fundo da página:

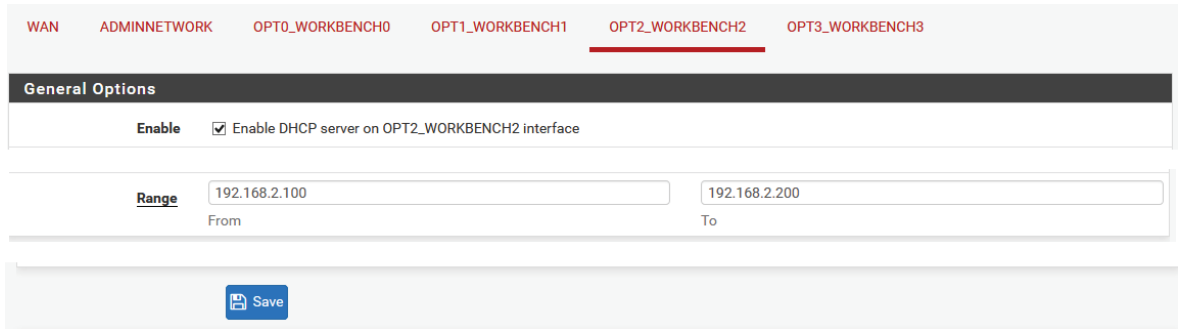


Figura 93 - Ativação do serviço DHCP na interface 2

- c) Após premir “Save”, navegar até ao fundo da página e, na secção “DHCP Static Mappings for this Interface”, fazer “Add”.

Tabela 26 - Mapeamento VM <-> MAC <-> IP

Nome da VM	Endereço físico MAC address	Endereço lógico IP address
Workstation2_VM01 WinServ2008	00:0c:29:ed:83:cd	192.168.2.2
Workstation2_VM02 CentOS	00:0c:29:37:7c:10	192.168.2.3
Workstation2_VM03 GNS3VM	00:0c:29:65:e3:4e	192.168.2.1

- d) Na página seguinte, o utilizador deve colocar o mapeamento utilizando os endereços MAC referidos em 5.1.2.

A configuração deverá ficar como ilustrado na figura abaixo.

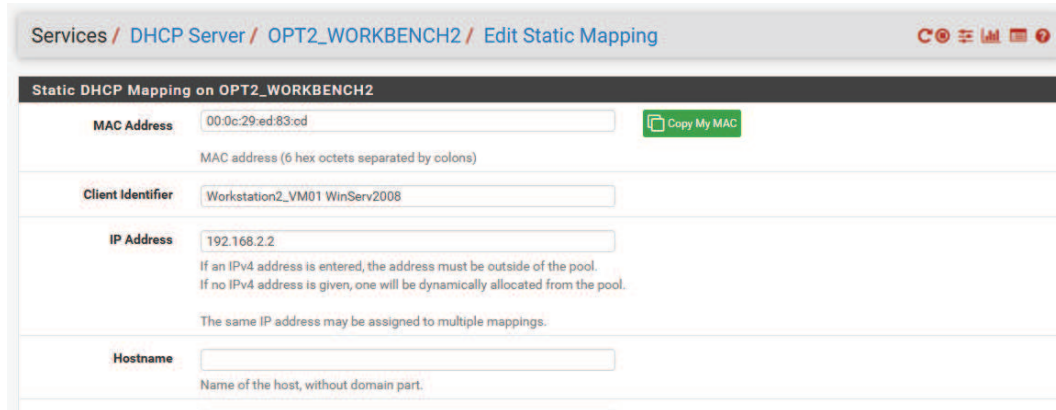


Figura 94 - Configurações de mapeamento estático

- e) O processo deve ser repetido mais duas vezes para as outras duas máquinas virtuais. O mapeamento deverá ficar como ilustrado na figura abaixo:

DHCP Static Mappings for this Interface						
Static ARP	MAC address	Client Id	IP address	Hostname	Description	
	00:0c:29:65:e3:4e	Workstation2_VM03 GNS3VM	192.168.2.1			
	00:0c:29:ed:83:cd	Workstation2_VM01 WinServ2008	192.168.2.2			
	00:0c:29:37:7c:10	Workstation2_VM02 CentOS	192.168.2.3			

Figura 95 - Finalização de configurações de mapeamento estático

- f) É agora necessário aplicar as alterações à configuração em funcionamento. Para tal deve carregar-se em “Apply Changes”, que surge no canto superior direito da página:



Figura 96 - Aplicando as configurações de mapeamento estático

- g) Por último, é necessário forçar as 3 máquinas virtuais a adquirir o novo endereço IP. Porém, neste momento ainda não existe acesso remoto às bancadas. A forma simples de solucionar esta questão é fazer “Shut down” e “Power On”. Assim, as máquinas virtuais são desligadas de forma controlada, semelhante ao *shutdown* de um computador de casa, e ligadas de novo. Ao ligar vão adquirir o IP correto via DHCP.

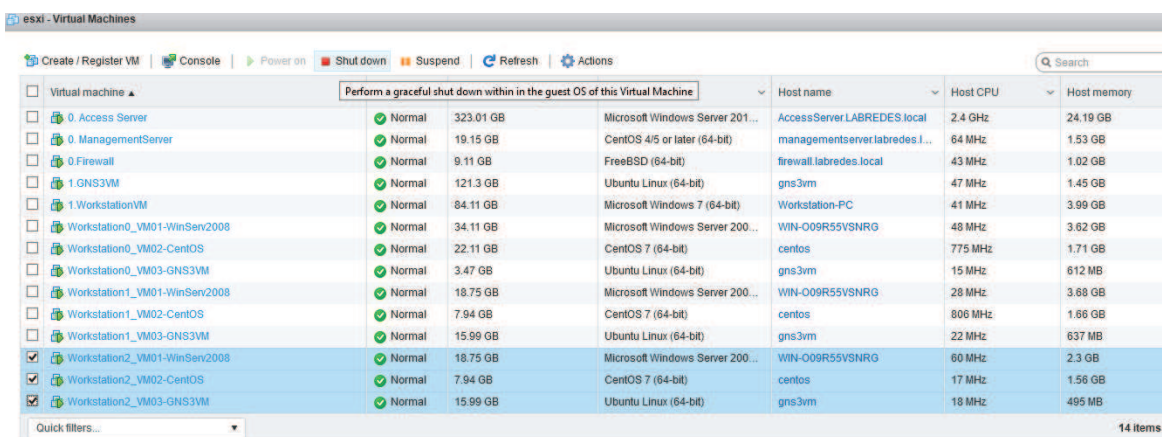


Figura 97 - Desligando as máquinas virtuais

### 5.1.4 Primeiro acesso às bancadas virtuais

Nesta altura já é possível aceder às várias máquinas virtuais. As credenciais de acesso para RDP e VNC estão definidas e são facultadas previamente aos alunos pelos administradores de sistema (docentes).

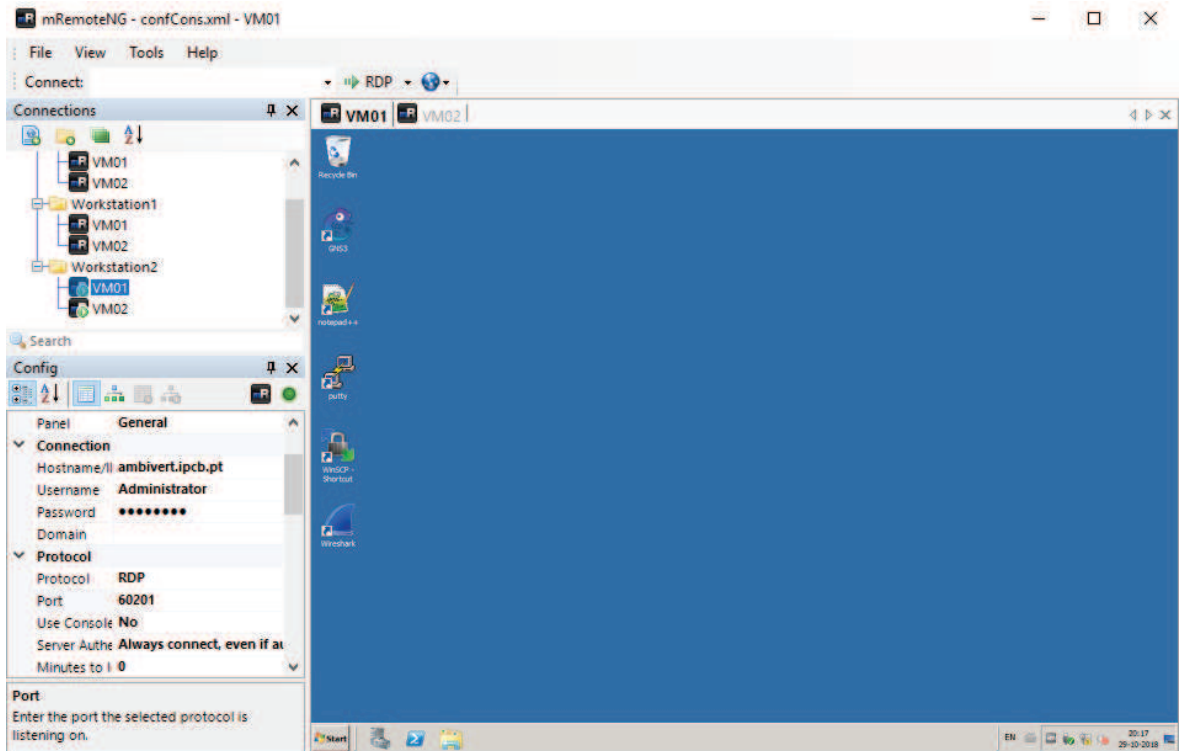


Figura 98 - Primeiro acesso à bancada 2 - VM01 (Windows Server 2008)

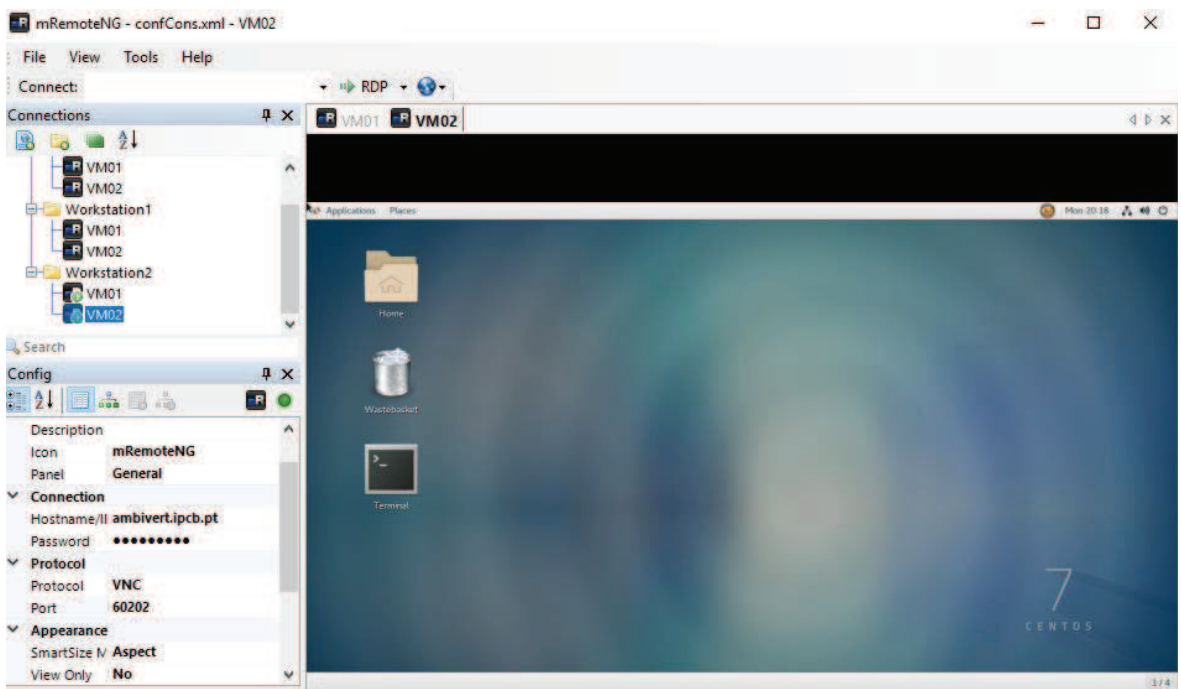


Figura 99 - Primeiro acesso à bancada 2 - VM02 (CentOS)

Por último, deve ser chamada a aplicação GNS3 e configurado o IP da GNS3VM desta bancada:



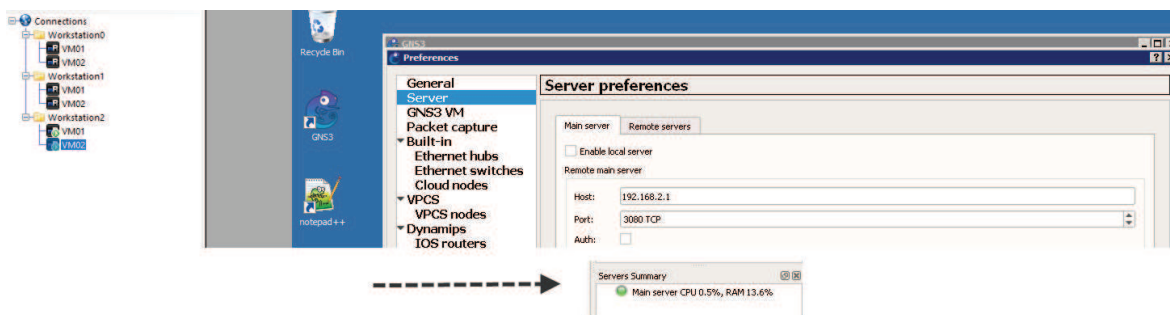


Figura 100 - Configurando GNS3 front-end na bancada 2 - VM01

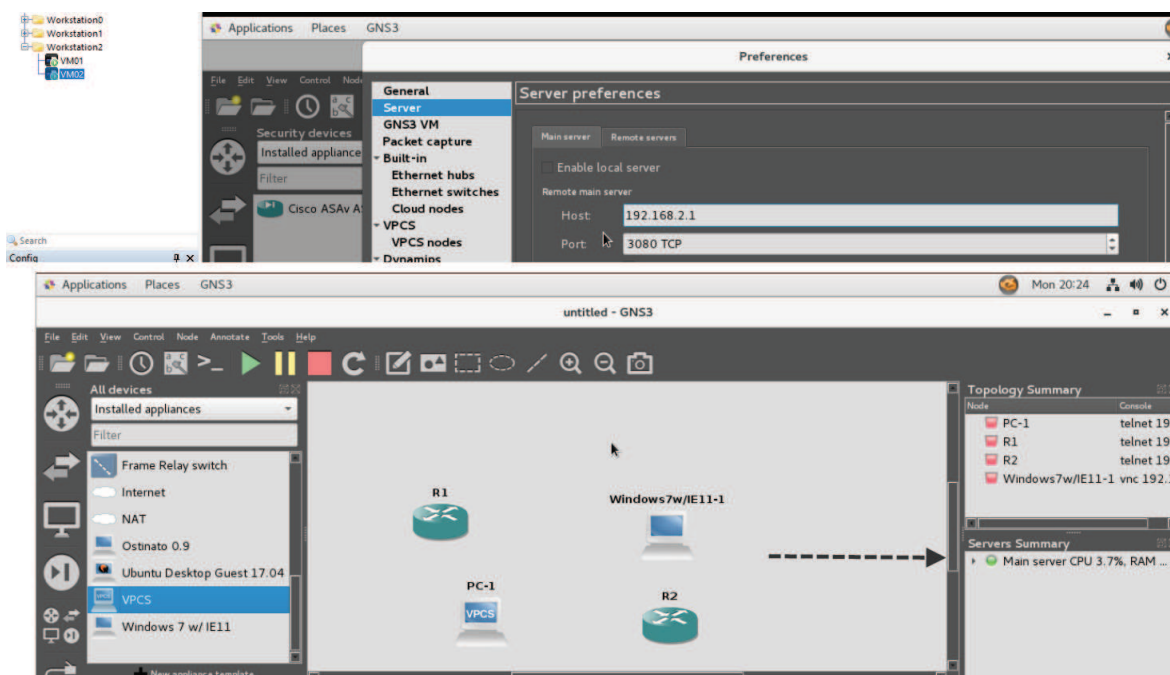


Figura 101 - Configurando GNS3 front-end na bancada 2 - VM02

### 5.1.5 Adicionando novas bancadas ao Zabbix

Por último, é necessário adicionar a nova bancada virtual à ferramenta de monitorização do sistema Zabbix (4.1.2.6). Para adição de uma nova bancada virtual ao ambiente Zabbix basta, atualmente, clonar um dos *hosts* já existentes.

No exemplo seguinte clona-se a máquina Windows Server da Workstation 3. É necessário alterar o "*Visible name*", "*IP address*", introduzir o nome e número da nova bancada em "*New group*" e, por último, pressionar "*Full clone*".

Uma vez que já existem modelos para todas as VMs, o processo segue sempre esta linha. A figura seguinte ilustra esta ação.

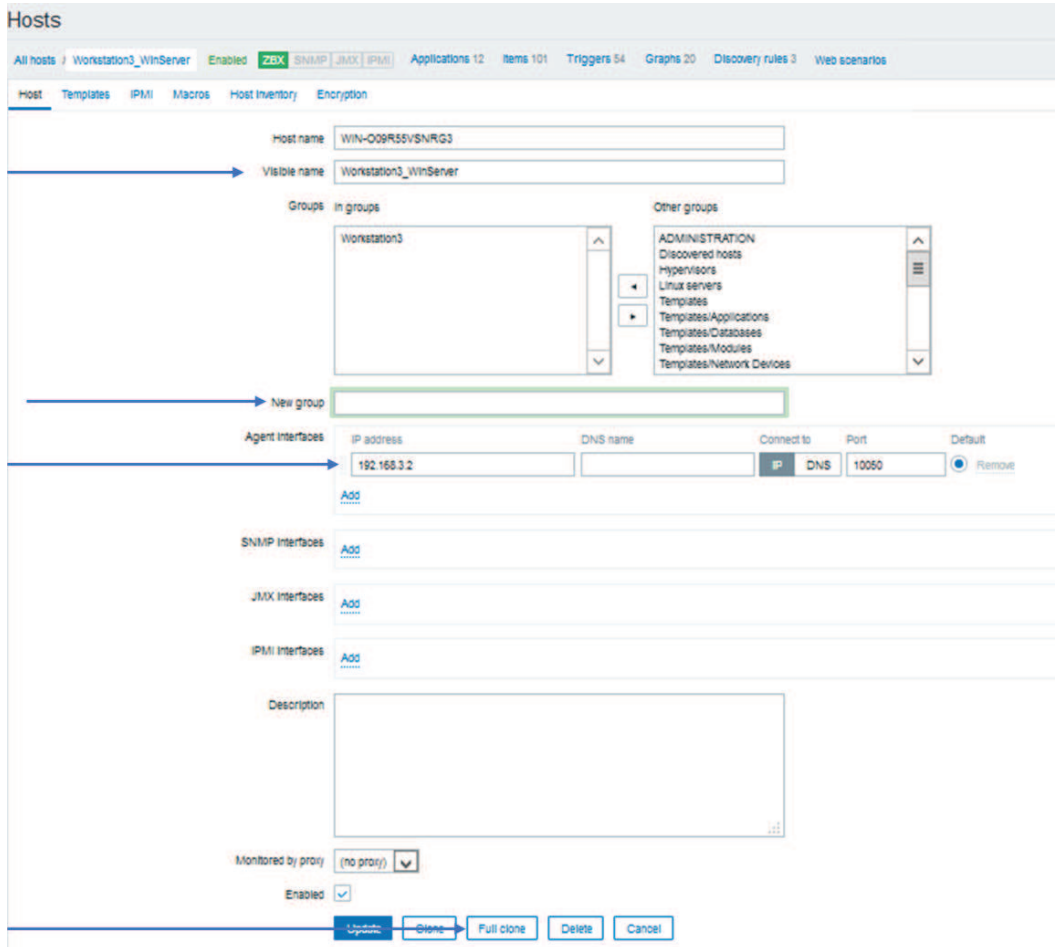


Figura 102 - Adicionando novas VM no Zabbix

Ficando as 3 máquinas virtuais da seguinte forma:

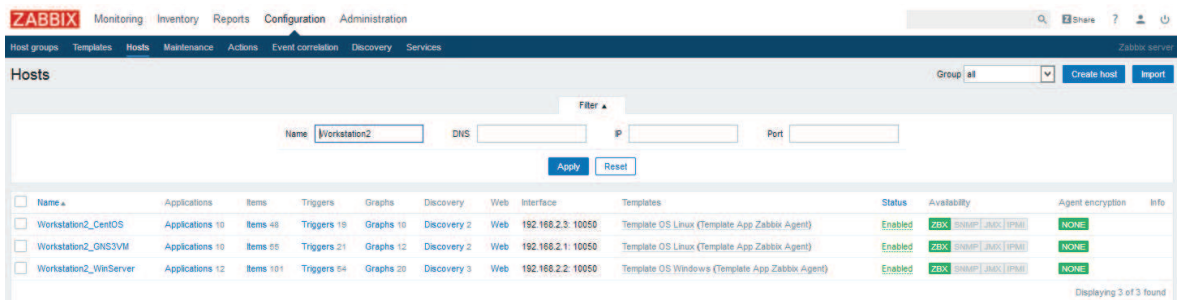


Figura 103 - VMs da bancada 2 integradas no Zabbix

## 5.2 Cenário de testes

O ambiente de testes utilizou 8 bancadas/*workbench* devidamente integradas e em funcionamento no ambiente virtual. No momento existem 29 máquinas virtuais em funcionamento. A lista completa pode ser encontrada no Anexo II.

As características de hardware finais das VMs usadas nas bancadas dos alunos são:

Tabela 27 - Características das VM

Características	VM01-Windows Server	VM02-Cent OS	VM03-GNS3 VM
CPU	2x vCPU Intel(R) Xeon(R) CPU X5650 @ 2.67GHz		
Memória RAM	4GB	2GB	2GB
Disco rígido	30GB	20GB	18GB+100GB

Em cada um dos testes realizados foram recolhidos os seguintes dados para análise:

- Servidor VMWare: Carga de CPU e memória RAM consumida, total e por VM.
- Máquina front-end:
  - Microsoft Windows: captura de ecrã do Gestor de Tarefas.
  - Linux CentOS: cópia do *output* da aplicação *top*.
- GNS3VM back-end:
  - Cópia do comando *htop*.
  - Gráfico de carga de CPU e memória livre retirado do Zabbix.

Todos os cenários foram testados nas 8 bancadas em simultâneo. Para simular este efeito, arrancaram-se as simulações nos ambientes um a um, e, após arranque dos elementos simulados, ativou-se a geração de tráfego de rede e/ou envio de pacotes ICMP (Ping) entre dois ou mais elementos da simulação.

Por se tratarem de bancadas iguais, para avaliação obtiveram-se dados apenas de um subconjunto dessas bancadas.

No total geraram-se 7 cenários:

- 5 cenários que terminam com sucesso: após arranque dos equipamentos simulados e geração de tráfego os ambientes comportam-se de forma estável:
  - Teste de 8 bancadas em vazio;
  - Teste de 8 bancadas - cenário CCNA, arranque limpo<sup>30</sup>;
  - Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque não-limpo;
  - Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque limpo;
  - Teste de 8 bancadas - cenário Firewall 2xASA, Windows 7 e gerador de tráfego, arranque limpo;
- 2 cenários de sobrecarga do sistema:
  - Teste de sobrecarga do sistema: Cenário CCIE reduzido + 2x ASA Firewall, arranque limpo;
  - Teste de sobrecarga do sistema: Limite de utilização de elementos apenas Cisco IOS e Cisco IOU;

No próximo subcapítulo procede-se à descrição e avaliação de cada um dos testes acima.

---

<sup>30</sup> “arranque limpo” significa que as máquinas virtuais foram reinicializadas enquanto que no “arranque não-limpo” as VMs já estão em funcionamento há algum tempo.



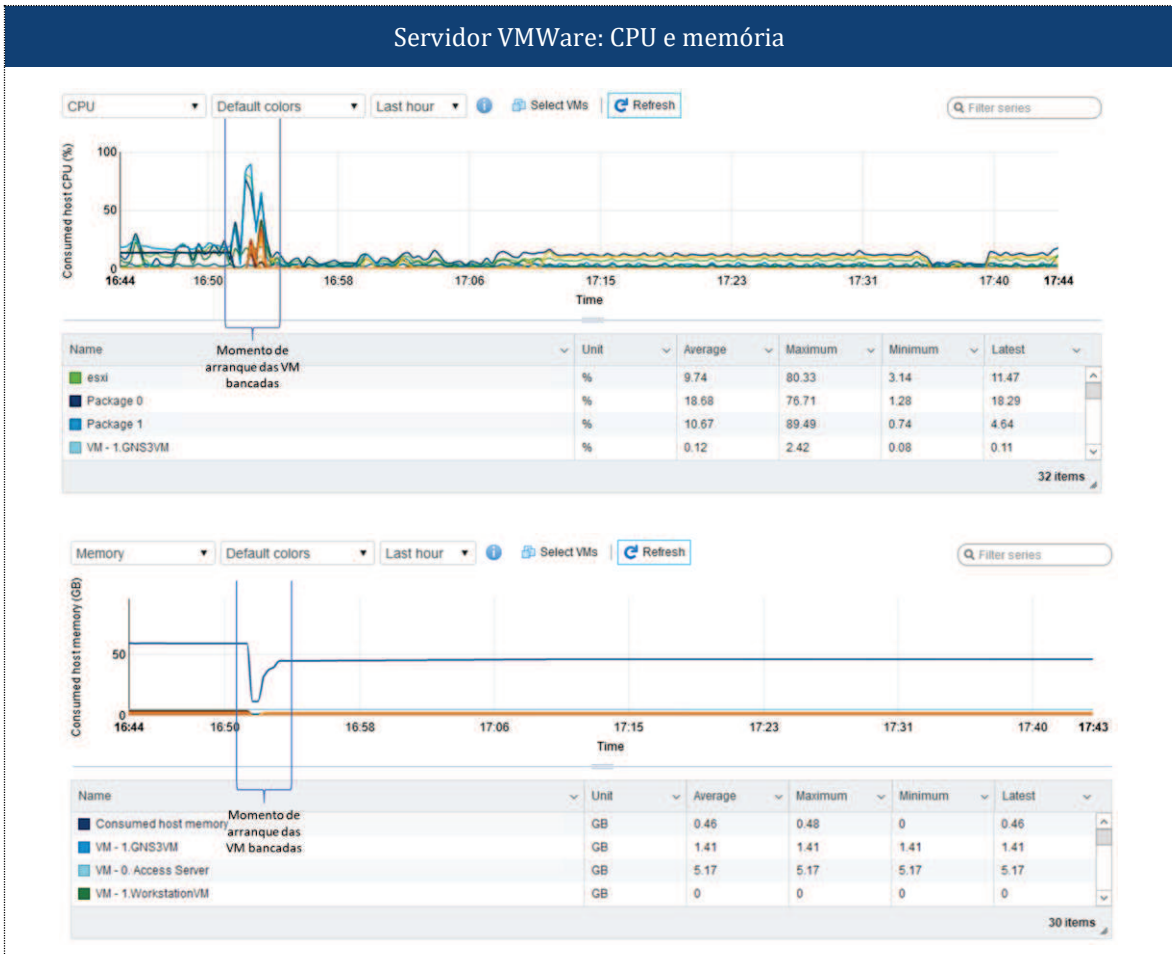
## 5.3 Testes de funcionalidades e desempenho

### 5.3.1 Teste em vazio

Neste primeiro teste é medido o comportamento do sistema, tendo em conta que as máquinas virtuais acabaram de ser inicializadas e não executam qualquer simulação GNS3.

Inicia-se assim este teste por desligar e ligar as VMs das bancadas. De seguida, recolhem-se os dados de consumo de recursos:

Tabela 28 - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste em vazio



O decréscimo na memória ocupada antes e depois do arranque deve-se ao facto de as máquinas virtuais estarem agora “limpas”, sem tarefas adicionais.

Regista-se nesta altura que em vazio, sem a vertente de simulação GNS3, o consumo da memória do sistema se situa em torno dos 50GB de RAM.

Tabela 29 - Gestor de Tarefas (Windows) e Top (Linux). Teste em vazio

### Gestor de Tarefas (Windows) e Top (Linux)

The image shows two windows side-by-side. The top window is Windows Task Manager, Performance tab, showing 0% CPU usage and 843 MB memory usage. The bottom window is a Linux terminal running the 'top' command, showing system statistics and a list of processes.

```

top - 18:19:15 up 1:26, 1 user, load average: 0.00, 0.01, 0.05
Tasks: 266 total, 2 running, 264 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 5.7 us, 5.7 sy, 0.0 ni, 88.6 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
KiB Mem : 1882984 total, 585588 free, 746620 used, 550776 buff/cache
KiB Swap: 2097148 total, 2097148 free, 0 used. 928564 avail Mem

  PID USER      PR  NI  VIRT  RES  SHR  S  %CPU  %MEM    TIME+  COMMAND
 2026 Worksta+ 20   0 3327816 215880 54280 S   6.2  11.5   0:09.13  gnome-shell
 8817 Worksta+ 20   0 162128  2292  1524 R   6.2   0.1   0:00.02   top
    1 root      20   0 128232  6820  4160 S   0.0   0.4   0:03.54  systemd
    2 root      20   0    0     0     0 S   0.0   0.0   0:00.00  kthreadd
    
```

Tabela 30 - Comando htop GNS3VM; gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste em vazio

### htop GNS3VM e Graficos Zabbix

The image displays the htop interface for a GNS3VM. It shows system statistics at the top, a process list with 'htop' as the active process, and four Zabbix monitoring graphs for CPU load and available memory on two different GNS3VM instances.

```

1  ||| 1.3% Tasks: 44, 35 thr; 1 running
2  | 0.7% Load average: 0.03 0.01 0.00
Mem[|||||] 162/2000MB Uptime: 04:17:17
Swp[ ] 0/2045MB
    
```

PID	USER	PRI	NI	VIRT	RES	SHR	S	CPU%	MEM%	TIME+	Command
5705	gn@s3	20	0	25184	4072	2848	R	0.7	0.2	0:00.06	htop

The Zabbix graphs show CPU load (1h) and Available memory (1h) for Workstation2\_GNS3VM and Workstation3\_GNS3VM. The CPU load graphs show peaks in processor load (1 min, 5 min, and 15 min averages). The available memory graphs show a sharp increase in memory usage followed by a drop and stabilization.

### 5.3.1.1 Conclusões

Em vazio, sem simulações em funcionamento e sem aplicações ou processos extra nas máquinas virtuais, o consumo mantém-se relativamente baixo. As 3 VMs da bancada estabilizam no consumo de memória RAM e CPU em 1GB e 1% respetivamente.

Relativamente ao servidor físico, indica 12% de utilização de CPU e 50GB de memória RAM ocupada.

Note-se que o *hypervisor* está configurado para reservar recursos de memória e CPU físico apenas consoante a necessidade das máquinas virtuais, ou seja, configurando a VM01 com 2GB de memória RAM, o *hypervisor* vai alocar memória física consoante a necessidade desta VM, até um máximo de 2GB.

A tabela abaixo resume os resultados observados com este teste:

Tabela 31 - Consumo de recursos de sistema no final do teste

Características	Servidor VMWare		Máquinas <i>front-end</i> (Win~Linux)		GNS3VM <i>back-end</i>	
	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada
Teste de 8 bancadas em vazio	12%	49GB	0%~6%	0,84GB~0,75GB	0,5%	0,16GB

### 5.3.2 Teste de 8 bancadas - cenário CCNA, arranque limpo

Este teste usa uma topologia com complexidade ao nível da certificação Cisco CCNA. A figura abaixo ilustra a topologia usada e a Tabela 32 os objetivos pretendidos:

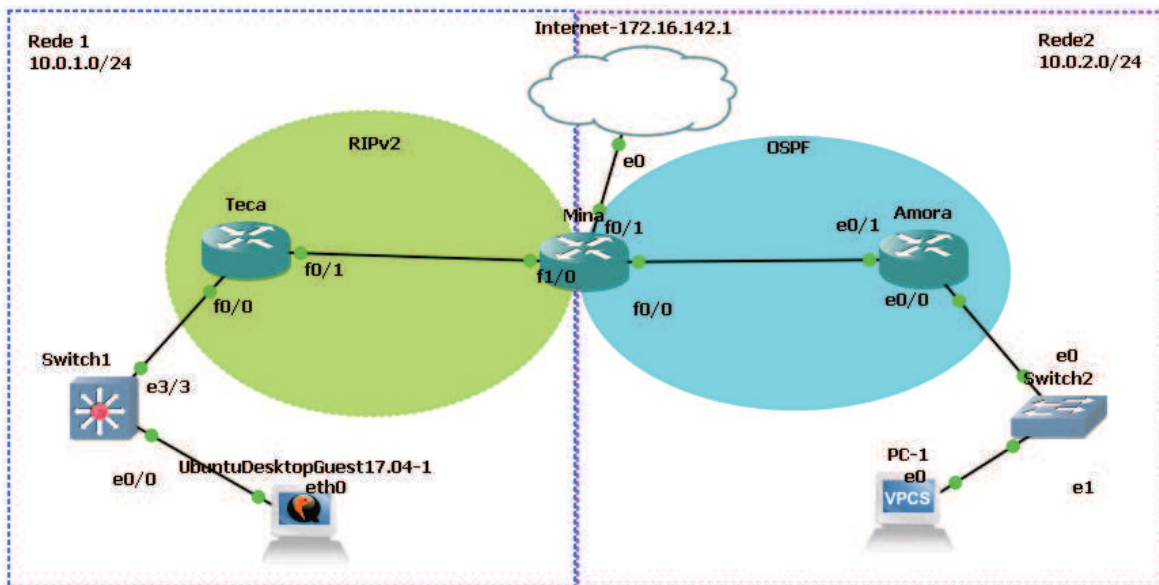


Figura 104 - Topologia. Teste cenário CCNA, arranque limpo

Nesta topologia são utilizados 8 equipamentos:

- Dispositivos finais:
  - 1x UbuntuDesktopGuest -Linux Ubuntu 17.04
  - 1x Virtual PC Simulator (VPCS) -PC-1
  - 1x Tincore Linux para ligação externa -Internet
- Switches:

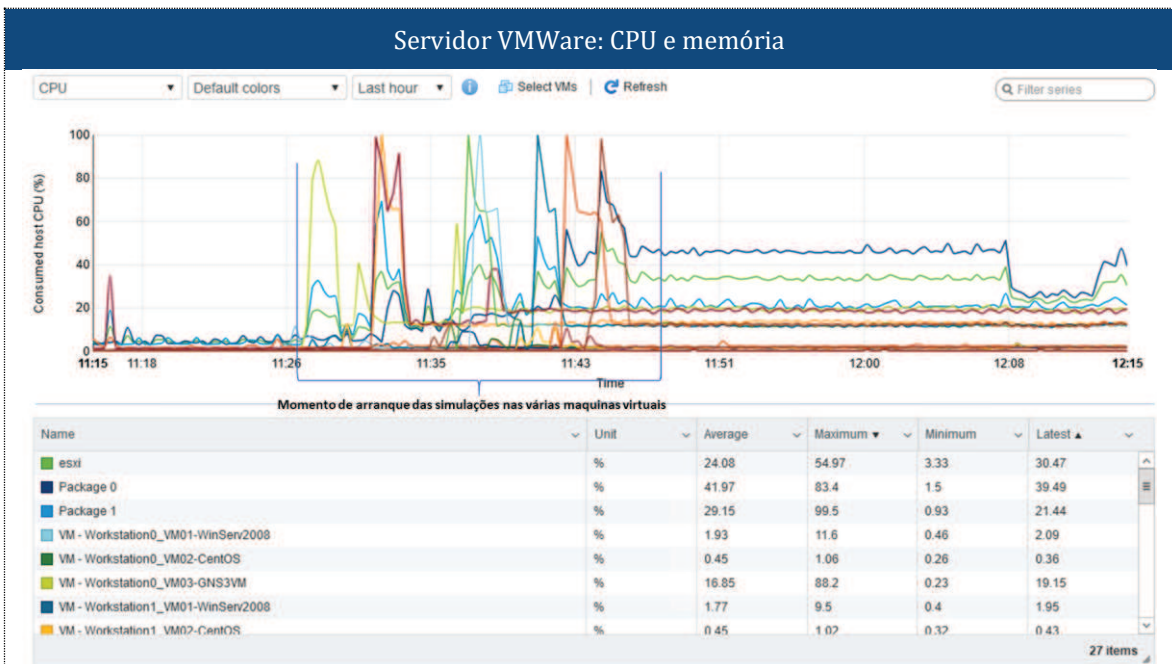
- 1x IOU L2 -Switch1
- 1x switch (sem requisitos especiais) -Switch2
- Router:
  - 2x Cisco c3745 -Routers “Teca”, “Mina”
  - 1xIOU L3 -Router “Amora”

Tabela 32 - Objetivos. Teste cenário CCNA, arranque limpo

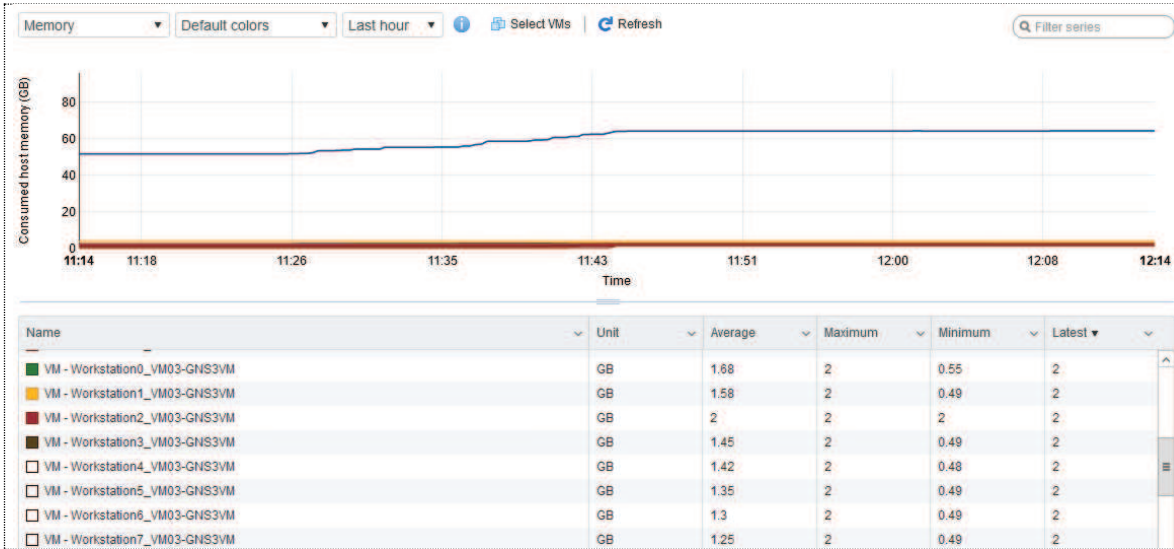
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Configurar os hostname dos equipamentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Router “Teca”: apenas é possível acesso SSH utilizando user/pass= “cisco”.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizando o 10.0.x.0/24, calcular as sub-redes de forma a que a ligação entre os routers do core (círculo colorido) seja ponto-a-ponto (apenas 2 IPs), ficando os restantes para os utilizadores finais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O computador (VPC) na rede 2 deve receber o seu endereço por DHCP.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Router “Teca”: definir palavra passe enable tipo 5 “cisco”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desativar o CDP na porta de rede virada para os utilizadores (e0/0).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Router “Mina”: definir palavra passe enable tipo 7 “cisco”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligação “Mina” &lt;-&gt; “Amora” deve ser PPPoE.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Router “Amora”: definir palavra passe console0 “cisco”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizando os protocolos RIPv2 e OSPF redistribuir as sub-redes pelos vários equipamentos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao fazer login no router “Teca”: deve aparecer o banner “Cuidado! A Teca morde”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Router “Mina” deve receber o endereço IP da Internet via DHCP</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Configure uma rota estática para a Internet no router “Mina” e redistribua essa rota pela restante rede.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crie uma interface -loopback em todos os routers com um IP 1.1.1.x/32 (mudar x por um número aleatório não repetido) e distribua essa rede.</li> </ul>

Após ativação da simulação, e geração de tráfego, recolhem-se dados para análise.

Tabela 33 - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste cenário CCNA, arranque limpo







Após montagem das topologias e arrancar das simulações, verificam-se a existência de picos no CPU do servidor (parte superior da tabela 33). Este comportamento é natural, pois a GNS3VM “pede” o processamento ao sistema. Após o arranque, é observável que a carga no CPU estabiliza nos 50%.

No que diz respeito à memória RAM (parte inferior na tabela 33), o valor que antes se situava em 50GB aumentou para um valor ligeiramente acima dos 60GB de RAM.

Tabela 34 - Gestor de Tarefas (Windows) e Top (Linux). Teste cenário CCNA, arranque limpo

### Gestor de Tarefas (Windows) e top (Linux)

The Windows Task Manager Performance tab shows the following usage:

- CPU Usage: 0%
- Memory: 735 MB

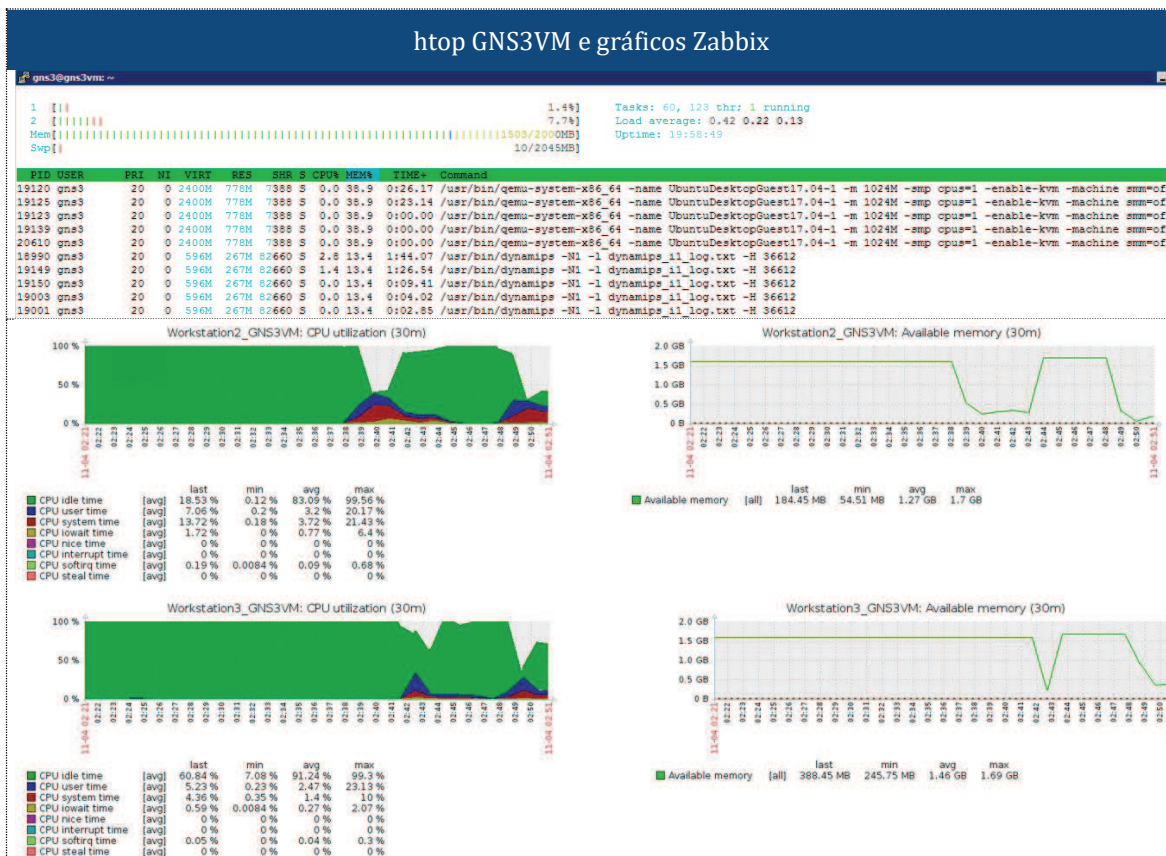
```

File Edit View Search Terminal Help
top - 17:22:51 up 2 days, 30 min, 1 user, load average: 0.37, 0.16, 0.15
Tasks: 271 total, 2 running, 269 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 10.7 us, 1.9 sy, 0.0 ni, 87.4 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.0 si, 0.0 st
KiB Mem : 1882984 total, 79340 free, 1041608 used, 762036 buff/cache
KiB Swap: 2097148 total, 2097148 free, 0 used. 603060 avail Mem

  PID USER      PR  NI   VIRT   RES   SHR  S  %CPU  %MEM    TIME+  COMMAND
 2021 Worksta+ 20   0 3604284 298828 56084 S   7.8 15.9  9:49.37 gnome-shell
 21570 Worksta+ 20   0 2151432 220612 66324 S   7.8 11.7  4:45.75 gns3
 18967 Worksta+ 20   0 755776 26504 16376 S   2.0 1.4  0:01.16 gnome-terminal-
 21192 Worksta+ 20   0 162104 2412 1576 R   2.0 0.1  0:00.97 top
    1 root      20   0 193768 6880 4160 S   0.0 0.4  0:43.88 systemd
    2 root      20   0 0 0 0 S   0.0 0.0  0:00.13 kthreadd
    
```

A nível de ambiente gráfico não existem alterações substanciais. A aplicação de ambiente gráfico do GNS3 ocupa cerca de 100 MB de RAM em ambos os sistemas, enquanto que a nível de CPU não existe um aumento significativo no sistema. Para esta simulação utilizaram-se 7 ambientes gráficos Windows e uma máquina Linux.

Tabela 35 - Comando htop GNS3VM; gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste cenário CCNA, arranque limpo



Analisando os dados nas GNS3VM, no momento de arranque das simulações é possível ver um pico de carga no CPU, que estabiliza ao fim de algum tempo abaixo de 5%. A nível da memória RAM livre (gráficos da direita na tabela acima) decresceu imediatamente de 1.7GB livre para cerca de 500MB livre.

### 5.3.2.1 Conclusões

No momento em que se inicializam as simulações, existe um pico de carga no CPU e memória RAM. Esse pico estabiliza posteriormente, quer a nível do servidor físico quer a nível da GNS3VM.

A nível de memória RAM, o consumo aumenta drasticamente, pois o GNS3 inicia vários processos por cada equipamento virtualizado. Por análise da figura abaixo, que ilustra o resultado do comando *htop*, pode concluir-se o seguinte:

- Processo de maior consumo é UbuntuDesktop que ocupa 40% da memória RAM.
- Seguido do Tincore Linux que representa a Internet e utiliza 7%.
- Por último estão os L2 e L3 IOU.

```

PID CPU% MEM% TIME+ Command
20349 0.0 0.3 0:00.02 sshd: gns3 [priv]
20370 0.0 0.2 0:00.48 sshd: gns3@pts/1
1167 0.0 0.7 0:00.34 python3 /usr/local/bin/gns3welcome.py
1679 0.0 0.1 0:00.00 /usr/bin/dialog --backtitle GNS3 2.1.11 --msgbox GNS3 version: 2.1.11 VM version: 0.10.14 KVM support avail
1367 0.0 0.5 0:00.16 python3 /usr/local/bin/gns3welcome.py
1692 0.0 0.1 0:00.00 /usr/bin/dialog --backtitle GNS3 2.1.11 --msgbox GNS3 version: 2.1.11 VM version: 0.10.14 KVM support avail
497 0.7 3.2 1:43.90 /usr/bin/python3 /usr/local/bin/gns3server
19143 1.4 4.7 1:09.32 /opt/gns3/images/IOU/i86bi-linux-l2-adventerprisek9-15.2d.bin -e 4 -s 0 1
19120 0.0 40.0 0:36.13 /usr/bin/qemu-system-x86_64 -name UbuntuDesktopGuest17.04-1 -m 1024M -smp cpus=1 -enable-kvm -machine smm=off -bo
19112 0.7 7.0 1:14.01 /opt/gns3/images/IOU/i86bi-linux-l3-adventerprisek9-15.4.11.bin 2
19087 0.7 6.7 1:54.42 /usr/bin/qemu-system-i386 -name Internet-172.16.142.1 -m 64M -smp cpus=1 -enable-kvm -boot order=c -drive file=/o
    
```

Figura 105 - Ao detalhe processos GNS3VM. Teste cenário CCNA, arranque não-limpo

Note-se que antes do início deste teste tinha sido feito um *restart* das máquinas virtuais, logo os sistemas vêm de um ponto “limpo”.

Acrescenta-se assim esta informação à tabela abaixo:

Tabela 36 - Consumo de recursos de sistema no final do teste cenário CCNA, arranque limpo

Características	Servidor VMWare		Máquinas front-end (Win~Linux)		GNS3VM back-end	
	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada
Teste de 8 bancadas em vazio	12%	49GB	0%~6%	0,84GB~0,75GB	0,5%	0,16GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCNA, arranque limpo	50%	60GB	0%~6%	1GB~0,84GB	0,1%	1,5GB

### 5.3.3 Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque não-limpo

Neste teste é construída uma topologia de complexidade avançada, ao nível da certificação Cisco CCIE. São configuradas tecnologias ao nível de ISP globais. A figura abaixo ilustra a topologia simulada e a tabela 37 descreve os objetivos pretendidos:

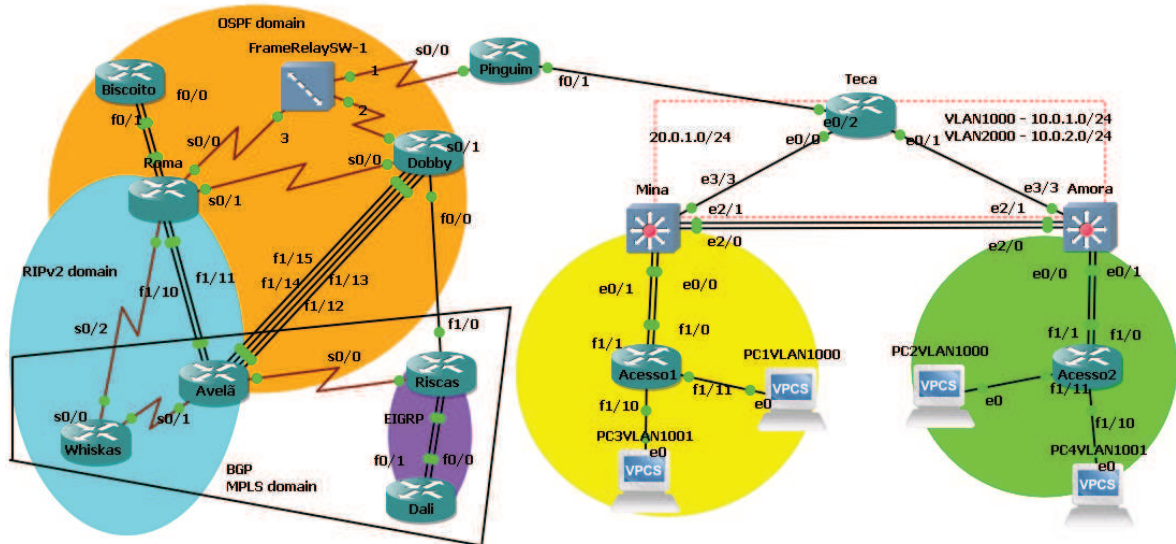


Figura 106 - Topologia. Teste cenário CCIE

Nesta topologia são utilizados 18 equipamentos:

- Dispositivos finais:
  - 4x Virtual PC Simulator (VPCS) -PC1VLAN1000->PC4VLAN2000
- Switches:
  - 2x Cisco c3745 -Acesso1, Acesso2



- 2x IOU L2 - Mina, Amora
- 1x FrameRelay Switch
- Router:
  - 1x IOU L3 - "Teca"
  - 8x Cisco c3745 - "Biscoito", "Romã", "Avelã", "Whiskas", "Dali", "Riscas", "Dobby", "Pinguim"

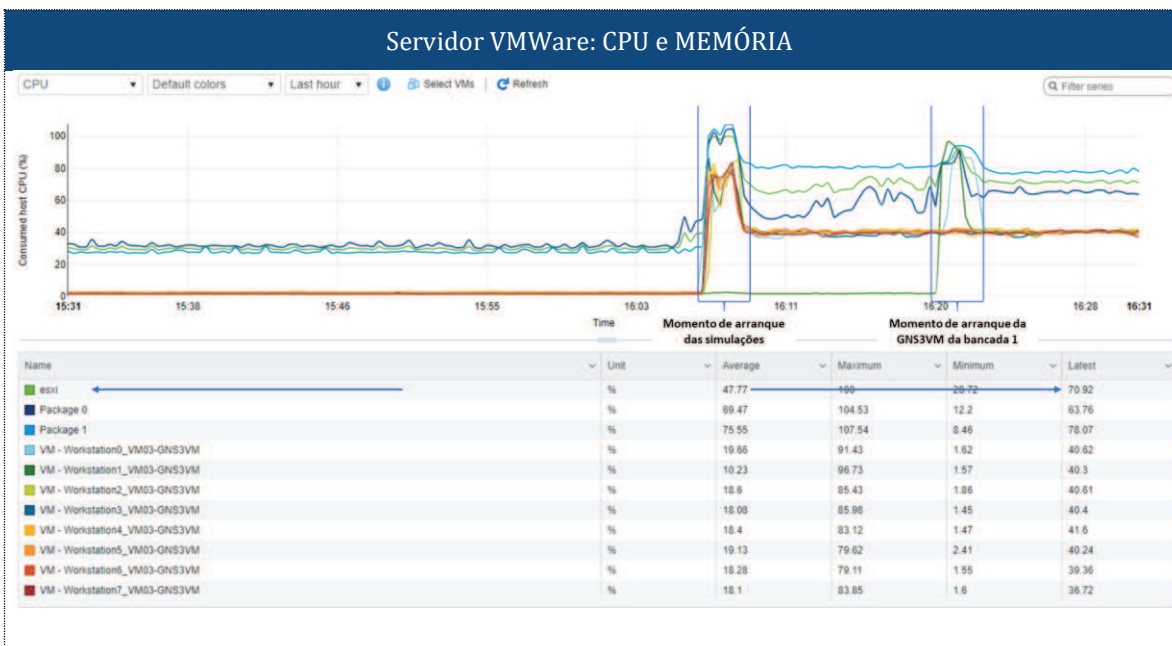
Tabela 37 - Objetivos. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo

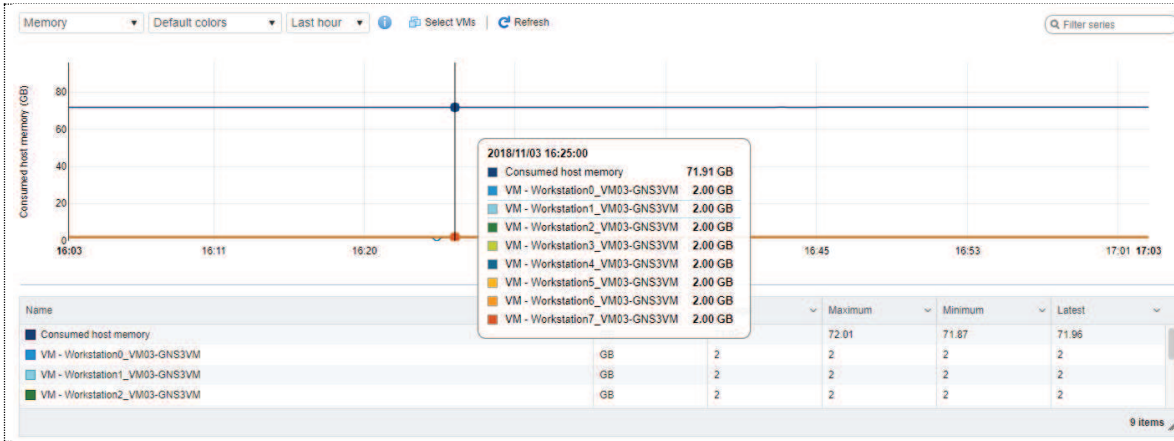
Objetivos	
• Espelhamento de portas com Monitor Session.	• Configurar VLANs, VTP e DTP.
• Utilização de Spanning Tree: RSTP e PVST.	• Configurar encaminhamento entre VLANs utilizando <i>router-on-a-stick</i> utilizando trunks/tag.
• Segurança L2: Portfast, BPDU Guard, Portsecurity.	• Configurar agregação de portas com PAgP, LACP.
• Configurar comutação Frame Relay e Serial.	• Configurar todas as interfaces com o maior duplex possível.
• Configurar um link PPPoE.	• Configurar loopbacks
• Configurar RIPv2 com redistribuição entre protocolos.	• Configurar OSPF multiárea com autenticação
• Configurar MPLS e utilização de VRFs.	• Configurar BGP e inter-BGP routing.
• Configurar QoS, Traffic Shapping e políticas.	• Configurar EIGRP.
• Utilização de IPv6: Endereços IP, OSPFv3, RIPvng, etc.	• Configurar Multicast: PIM Sparse-mode

Todos os elementos estão interligados e as tabelas de encaminhamento devidamente atualizadas.

Por forma a analisar melhor os gráficos, inicializaram-se todas as bancadas exceto a bancada 01. Existem dois picos que podem ser vistos na tabela seguinte.

Tabela 38 - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo



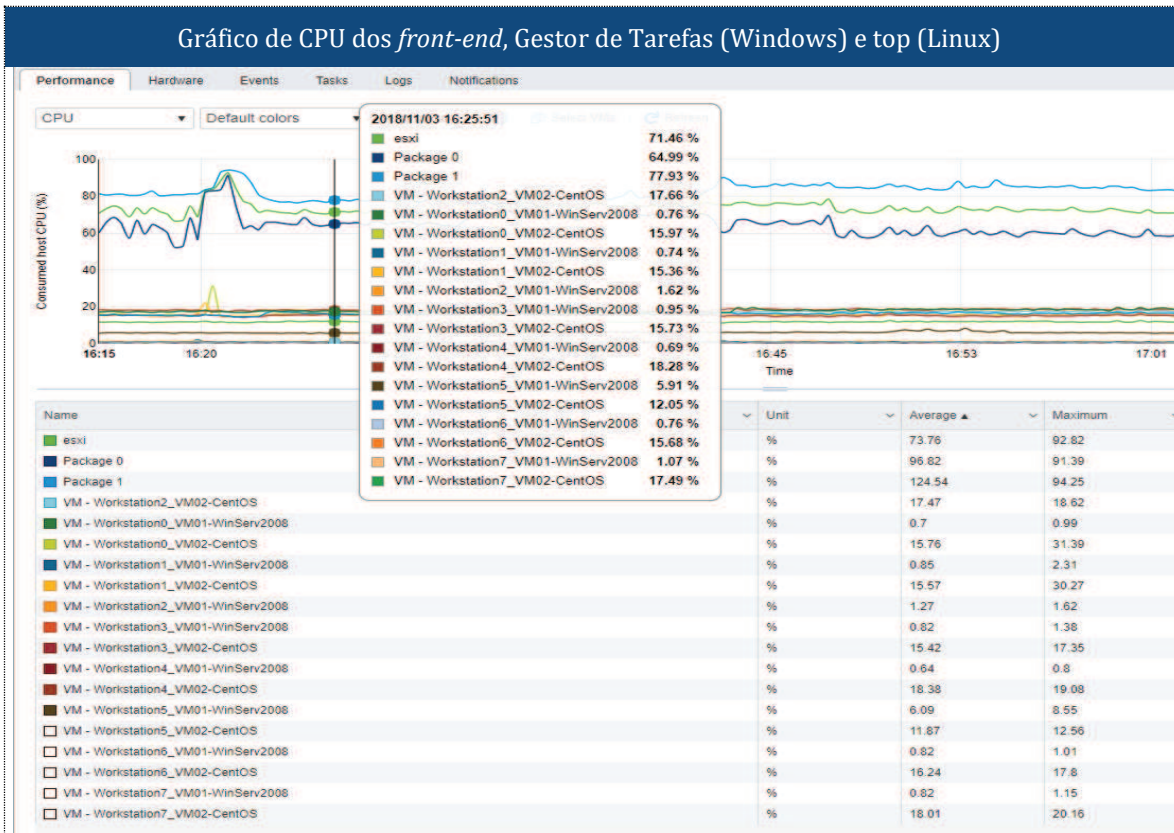


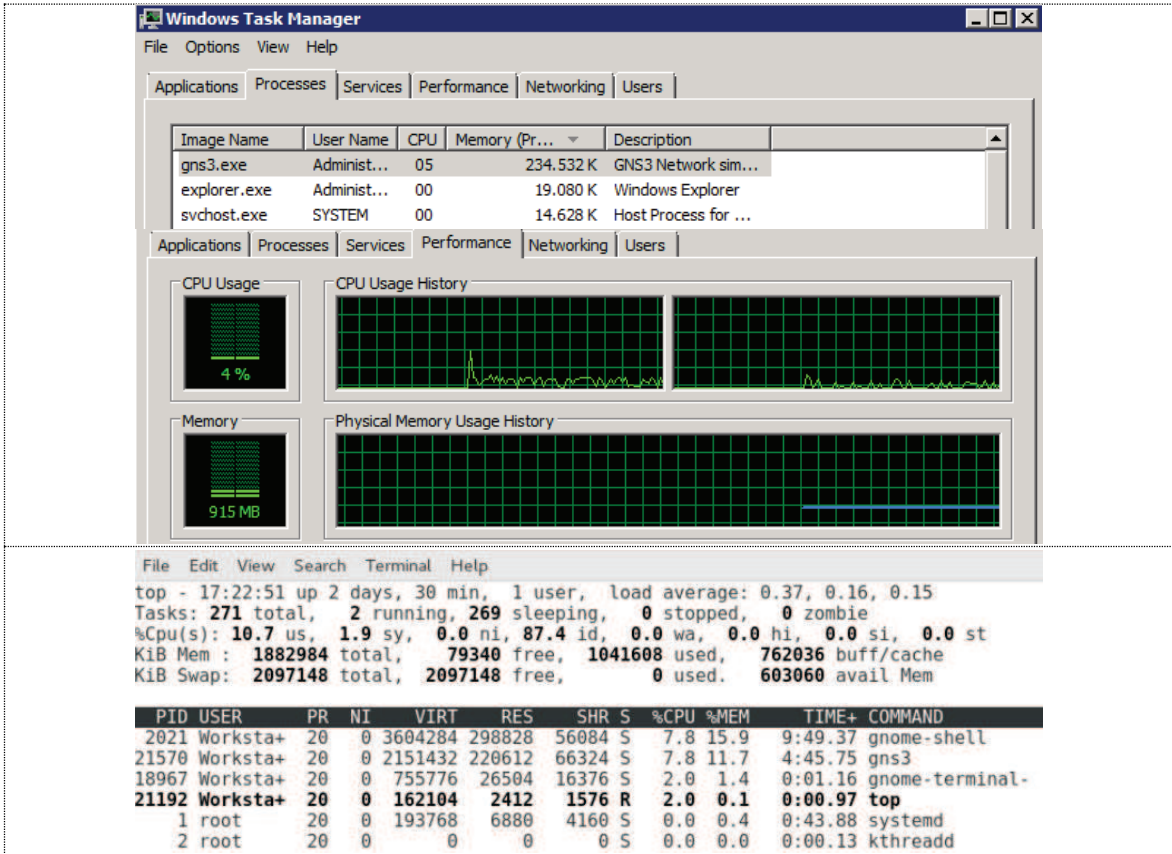
No gráfico superior da tabela acima pode ver-se o pico no momento de arranque das GNS3VM. Como esperado, existe um pico na carga de CPU, mas estabiliza em 70% passados 12 minutos.

Na vertente de memória RAM, verifica-se pelo gráfico na parte inferior da tabela 38 que não houve alteração substancial no consumo de memória do sistema. As GNS3VM estão, atualmente, a utilizar o total dos 2GB de memória RAM que lhes está alocado.

Na vertente das duas máquinas virtuais *front-end* retiram-se os gráficos seguintes:

Tabela 39 - Análise dos front-end. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo

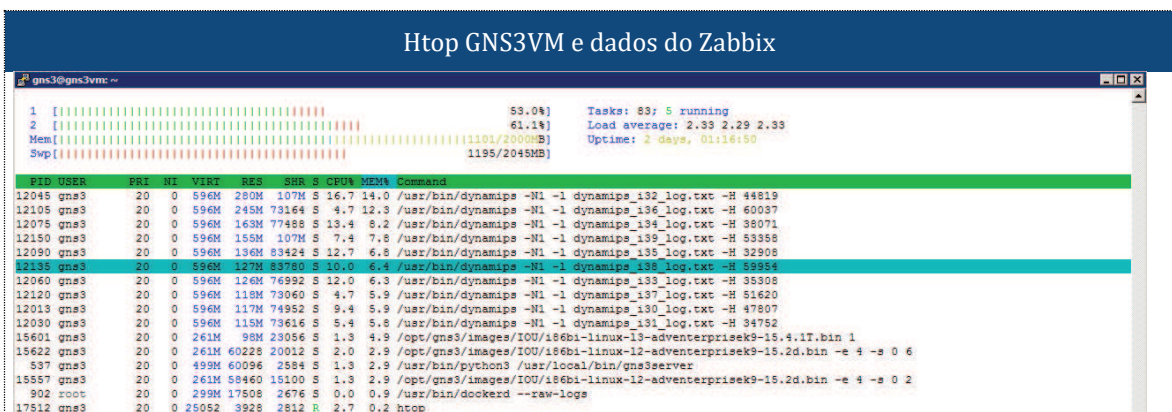




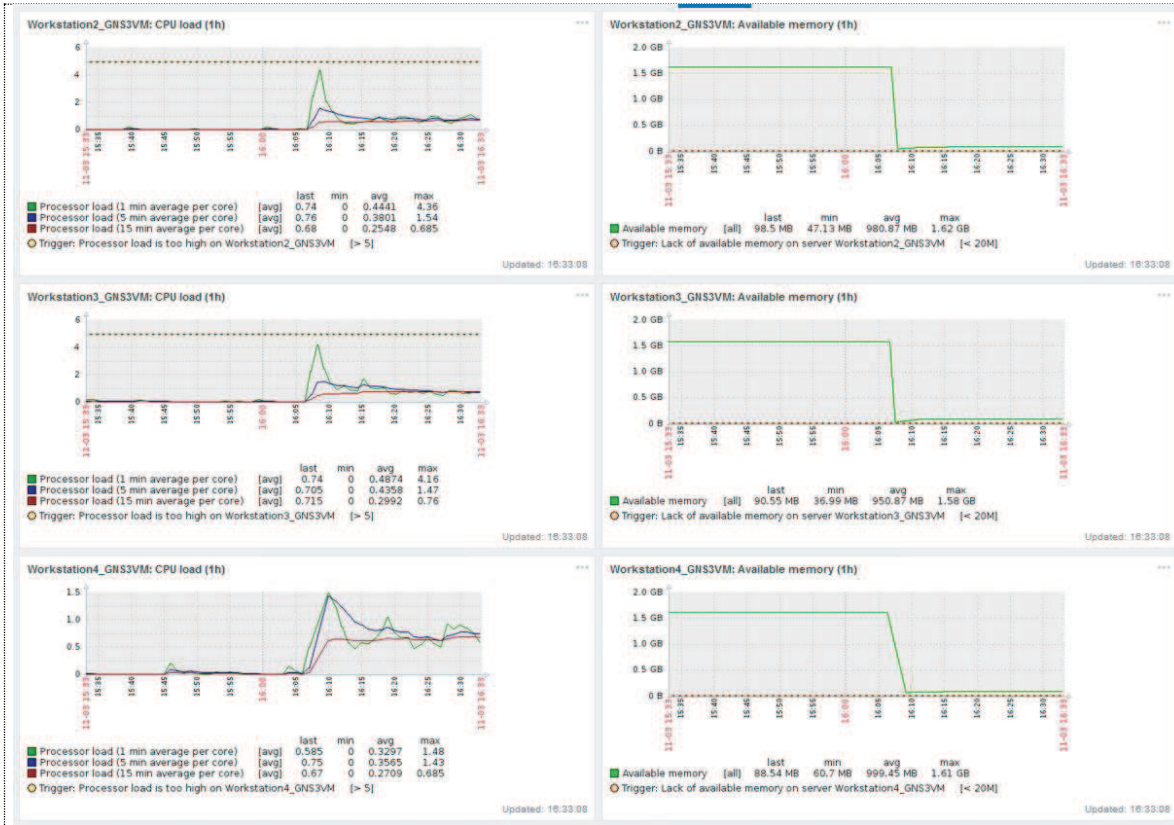
A nível de ambiente gráfico não existem alterações substanciais. Para esta simulação utilizaram-se 7 ambientes gráficos Linux e 1 Windows e não se verificam mudanças significativas em relação aos testes anteriores.

Analisa-se agora os dados retirados do comando `htop` e do Zabbix relativamente às GNS3VM:

Tabela 40 - Comando `htop` GNS3VM; gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo







Analisando estes dados, parece haver uma ligeira discrepância entre os valores de memória ocupada pelo Zabbix (tabela 40) e a aplicação de monitorização do *hypervisor* (tabela 38), que reportam 2GB de RAM ocupada, versus a GNS3VM, que reporta cerca de 1106MB de RAM ocupada. Isto deve-se ao facto de o sistema operativo base da GNS3VM (Linux Ubuntu) estar agora a alocar Linux SWAP (memória virtual), que anteriormente não era utilizada.

Na figura abaixo é possível avaliar este fator ao detalhe, bem como um substancial aumento no CPU da máquina virtual.

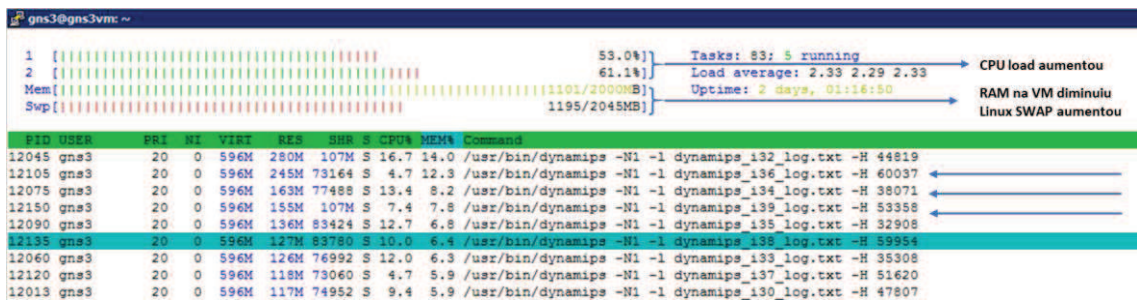


Figura 107 - GNS3VM htop ao detalhe. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo

### 5.3.3.1 Conclusões

A nível de CPU houve um aumento de carga para 70%. Este aumento deve-se ao facto de esta simulação utilizar muitos mais routers a executar algoritmos de cifra e encaminhamento. Enquanto que no cenário CCNA "apenas" se tratava de transmissão de pacotes e tramas, os processos agora em execução exigem constantes cálculos por parte do processador (ex. protocolo OSPF com autenticação MD5, múltiplos protocolos de encaminhamento). Abaixo comprova-se este facto com a utilização de CPU reportado pela GNS3VM da bancada 2, onde se confirma uma utilização média de 50%:

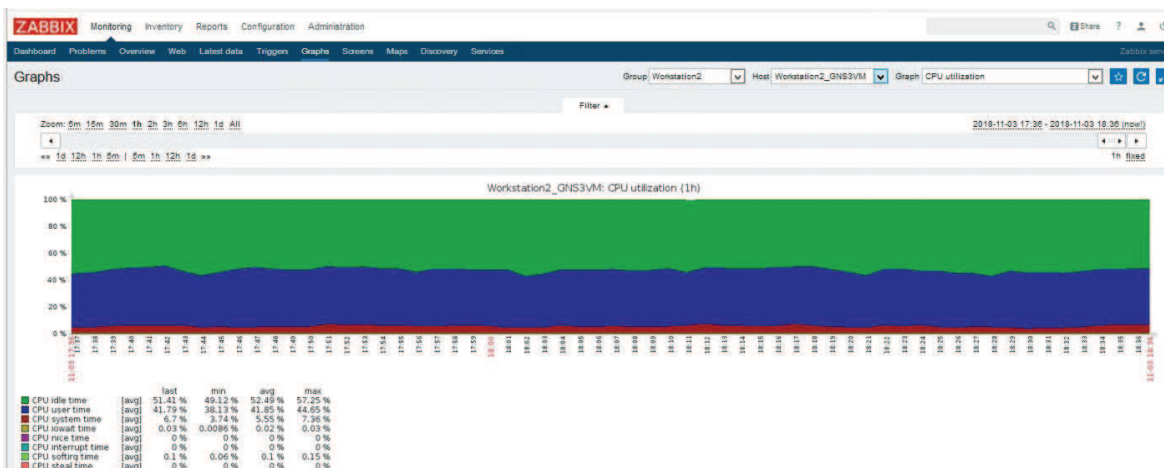


Figura 108 - GNS3VM Cpu utilization - detalhe. Teste cenário CCIE, arranque não-limpo

A nível de RAM, a GNS3VM utiliza agora menos memória RAM física, mas mais memória virtual de sistema (SWAP) em relação ao cenário anterior. Isto acontece pelo facto de que no cenário anterior se virtualizou dentro da GNS3VM o Linux Ubuntu, que necessita de cerca de 1GB de RAM. Agora, em vez de 1 elemento que consome muita memória, tem-se 18 equipamentos que consomem pequenos blocos de memória. A arquitetura Linux procede de forma a rentabilizar os recursos, alocando os vários elementos entre a memória física e a memória virtual.

A tabela abaixo resume os resultados obtidos neste teste.

Tabela 41 - Consumo de recursos de sistema no final do teste cenário CCIE, arranque não-limpo

Características	Servidor VMWare		Máquinas <i>front-end</i> (Win~Linux)		GNS3VM <i>back-end</i>	
	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada
Teste de 8 bancadas em vazio	12%	49GB	0%~6%	0,84GB~0,75GB	0,5%	0,16GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCNA, arranque limpo	50%	60GB	0%~6%	1GB~0,84GB	0,1%	1,5GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque não-limpo	74%	71GB	4%~10%	1GB~0,9GB	40%	2GB

### 5.3.4 Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque limpo

Neste quarto teste repete-se o cenário do subcapítulo anterior, mas agora as bancadas foram reiniciadas antes de iniciar a simulação.

Ao fazer o *restart* de um computador ou máquina virtual, a memória é limpa e o sistema operativo e respetivos serviços são carregados de novo. Serve este teste para verificar se existem vantagens relevantes ao fazer um arranque limpo das várias máquinas virtuais.

Dos gráficos na tabela seguinte, é possível observar o momento do *shutdown*, arranque das VM e arranque das simulações.

Tabela 42 - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste cenário CCIE, arranque limpo

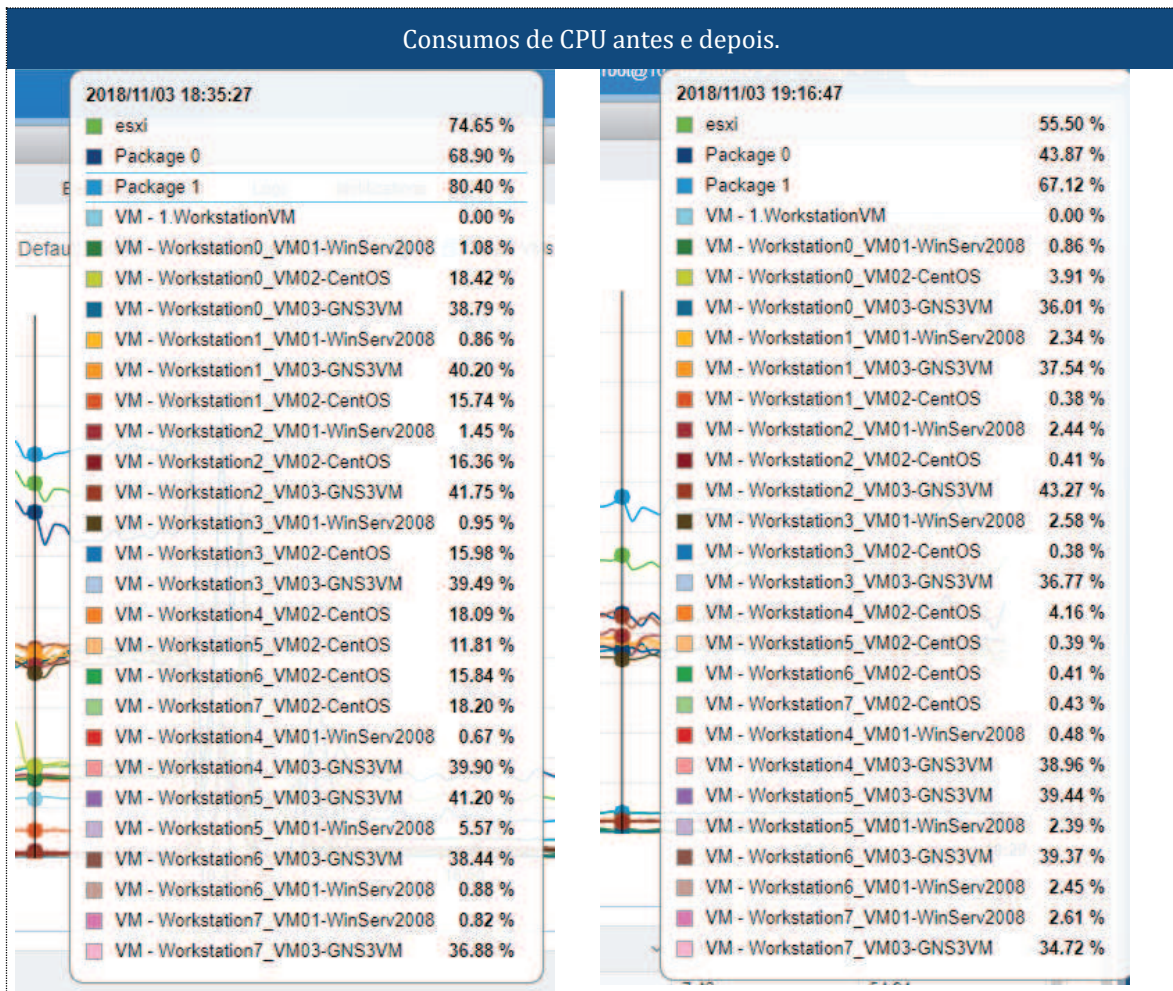


Nota-se que houve um decréscimo em 20% no consumo total de CPU e memória RAM em relação à simulação que decorria anteriormente.

Na tabela 43 olha-se em detalhe para os consumos de CPU antes (18:35:27) e depois (19:16:47). A grande redução no consumo de CPU não advém da utilização das GNS3VM, mas sim das VM03 com Linux CentOS.



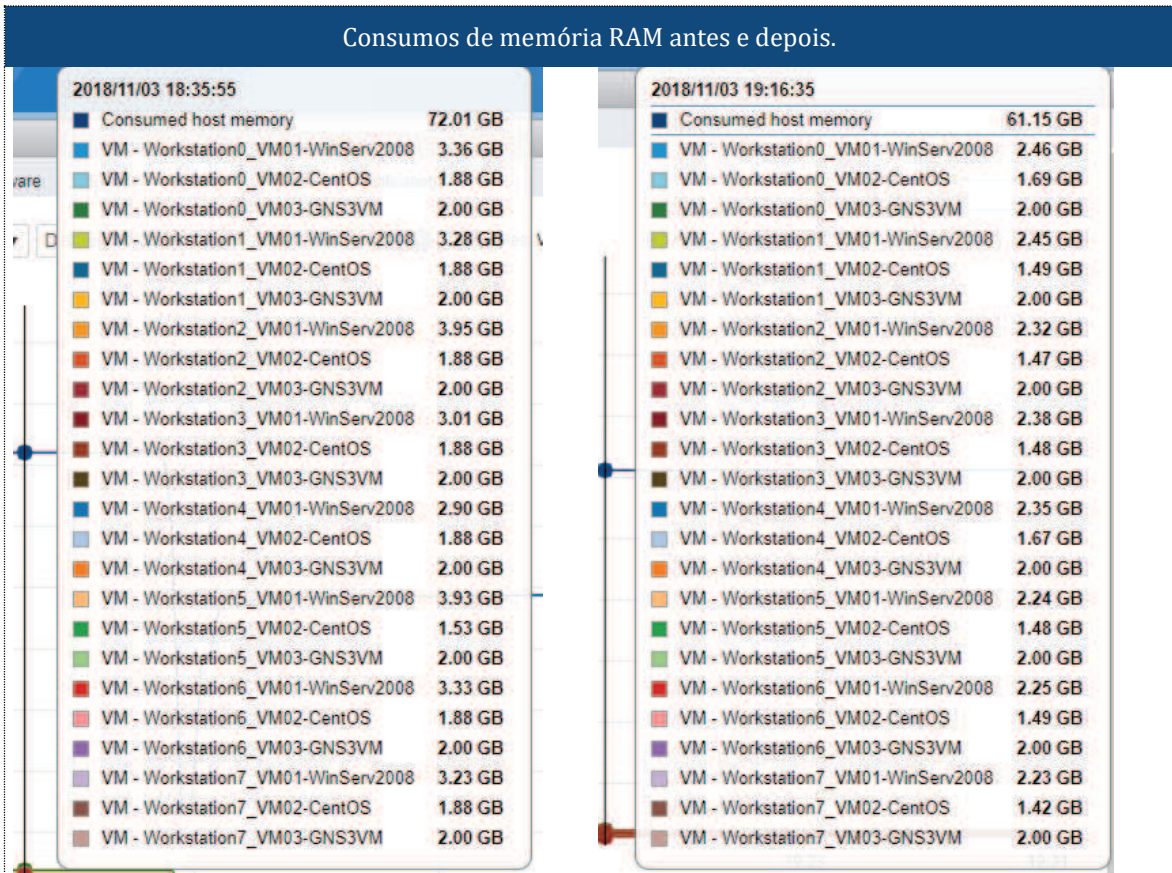
Tabela 43 - Consumos de CPU antes e depois. Teste cenário CCIE, arranque limpo



Na vertente de memória verifica-se, na tabela seguinte, uma libertação de cerca de 10GB de RAM, que vem principalmente das máquinas que agem como *front-end*. As GNS3VM continuam a consumir os 2GB de RAM estabelecido como máximo.

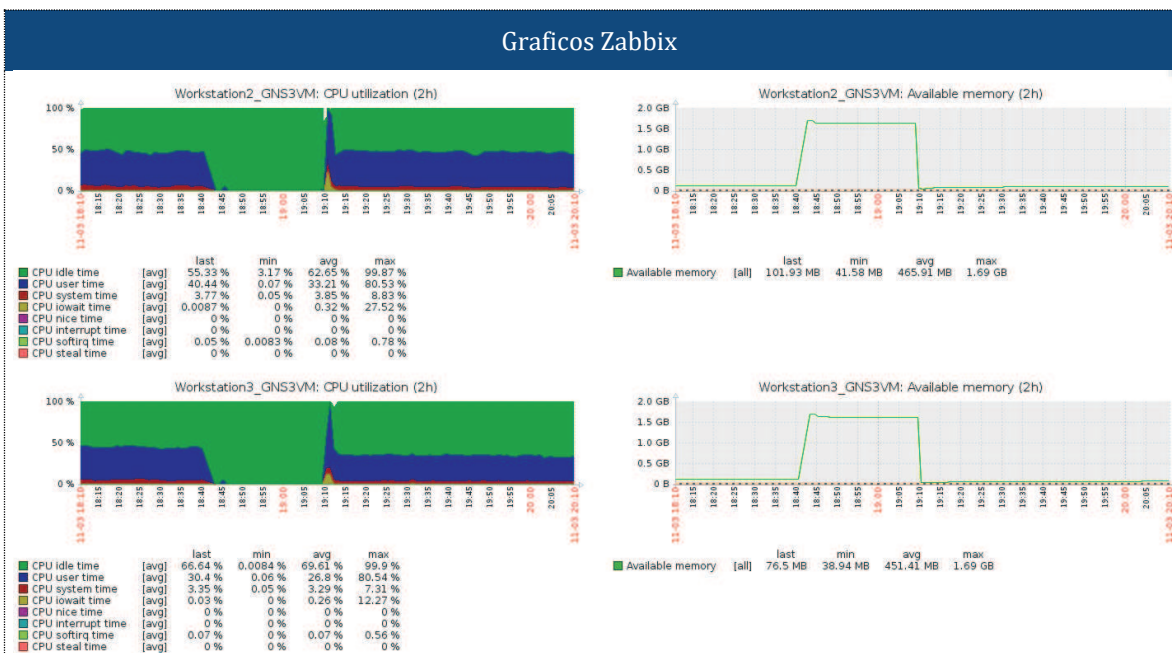


Tabela 44 - Consumos de memória RAM antes e depois. Teste cenário CCIE, arranque limpo



Na tabela abaixo podem ver-se os gráficos de consumo das GNS3VM. Os gráficos estão em linha com a análise anterior:

Tabela 45 - Gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste cenário CCIE, arranque limpo



### 5.3.4.1 Conclusões

Após análise, confirma-se que existe uma diminuição substancial no consumo de recursos de sistema, que vem essencialmente das máquinas *front-end*. Como referido no capítulo 4.2, estas máquinas virtuais foram otimizadas a nível de desativação e redução de processos não utilizados pelo sistema. Ainda assim, o arranque destas máquinas leva a uma boa diminuição dos recursos usados.

A tabela abaixo resume os resultados obtidos neste teste.

Tabela 46 - Consumo de recursos de sistema no final do teste cenário CCIE, arranque limpo

Características	Servidor VMWare		Máquinas <i>front-end</i> (Win~Linux)		GNS3VM <i>back-end</i>	
	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada
Teste de 8 bancadas em vazio	12%	49GB	0%~6%	0,84GB~0,75GB	0,5%	0,16GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCNA, arranque limpo	50%	60GB	0%~6%	1GB~0,84GB	0,1%	1,5GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque não-limpo	74%	71GB	4%~10%	1GB~0,9GB	40%	2GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque limpo	55%	61GB	2%~11%	1GB~0,84GB	40%	2GB

### 5.3.5 Teste de 8 bancadas - Firewall 2xASA, Windows 7 + tpgen, arranque limpo

Neste quinto teste avaliam-se várias funcionalidades em torno de segurança e firewall Cisco. A figura 108 e tabela 47 ilustram a topologia simulada e objetivos pretendidos:

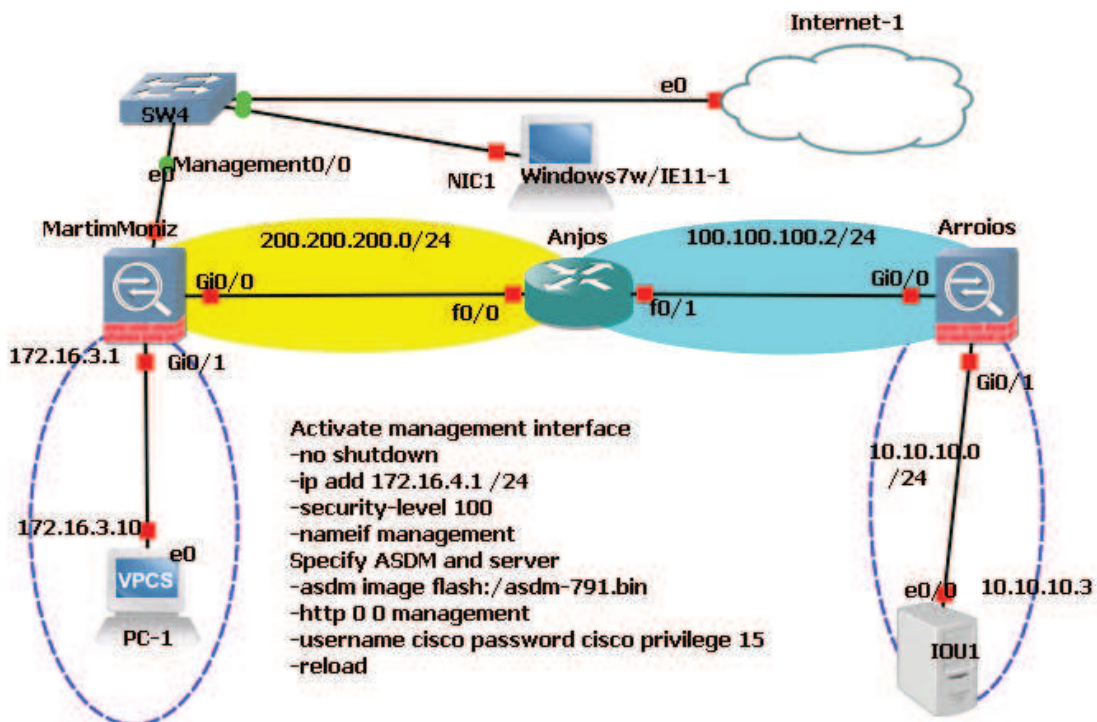


Figura 109 - Topologia. Teste cenário firewall, arranque limpo

Tabela 47 - Objetivos. Teste cenário firewall, arranque limpo

Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecimento de um túnel VPN L2L com as seguintes características:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Protocolo de segurança: IKEv2 IPsec</li> <li>o Algoritmos de cifra: IKEv2: AES256 IPsec: AES256</li> <li>o Algoritmos para integridade/Hash: IKEv2: SHA256 IPsec: SHA1.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASDM: configurar e ativar o gestor gráfico das firewall Cisco ASA, ASDM. É necessário adicionar uma máquina Windows 7 e uma nuvem de acesso à Internet.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerar tráfego: configuração de uma versão do Cisco IOS com funcionalidade de geração de tráfego.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teste de estabilidade utilizando elementos de alto requisito de memória (desktop Windows, firewall ASA)</li> </ul>

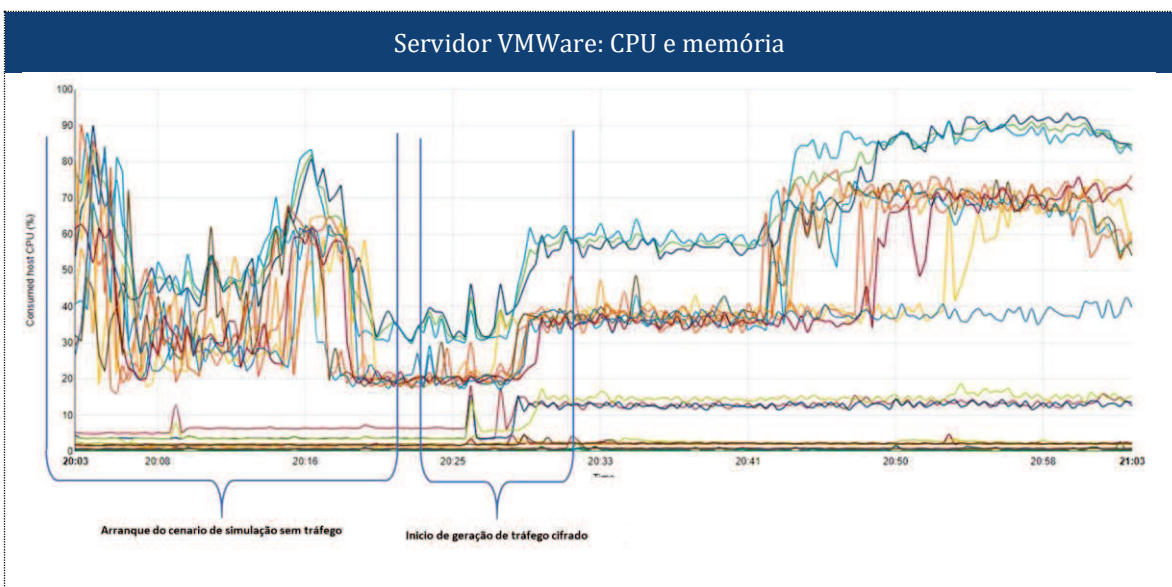
Tabela 48 - Equipamento utilizado. Teste cenário firewall, arranque limpo

Equipamento	Memória RAM configurada para utilização
1x Cisco c3745	1 x 256 MB
1x VPCS	0 (Funciona no <i>front-end</i> )
2x ASA Firewall	2 x 2048 MB
1x Windows 7	1 x 1024 MB
1x Cisco IOU L3	1 x 256 MB
1x Internet	1 x 64 MB
1x Switch	0 (Funciona no <i>front-end</i> )
TOTAL:	5696 MB

Todos os elementos estão integrados e as tabelas de encaminhamento devidamente preenchidas. Fez-se um arranque das máquinas virtuais para a simulação ter um cenário limpo.

A nível de *front-end* ativa-se o ambiente gráfico nas máquinas Windows, exceto nas bancadas 1, 3 e 6, em que se utilizou o CentOS.

Tabela 49 - Servidor VMWare: CPU e memória. Teste cenário firewall, arranque limpo







A nível da memória RAM não existem alterações em relação aos cenários anteriores, estabilizando nos 64GB.

A nível de CPU o comportamento torna-se mais dinâmico. Da tabela acima, gráfico superior CPU, há 2 zonas de relevância:

- Arranque do cenário de simulação sem tráfego: este é o momento em que se arrancam as simulações nas 8 máquinas virtuais. Pela especificidade deste cenário (uso firewall), existe um pico nos 100% de carga no CPU do servidor físico. O período de arranque aqui dura cerca de 20 minutos, acabando pelas 20:20, altura em que o sistema estabiliza em 35%. Este período tem uma duração grande quando comparado com os cenários anteriores, devido ao facto de, por autoconfiguração, as ASA firewall e o PC Windows 7 fazerem um segundo *restart* no ambiente virtual.
- Início de geração de tráfego cifrado: Nesta altura inicia-se a geração de tráfego dentro da simulação, o que leva a que exista um incremento da carga do CPU.

A tabela 50 demonstra os consumos no arranque da simulação e nos momentos seguintes à geração de tráfego. Excluindo o momento de arranque das simulações, no pior caso o consumo de CPU subiu até aos 80%.

Tabela 50 - Consumos de CPU antes e depois. Teste cenário firewall, arranque limpo

Consumos de CPU antes e durante a simulação			
2018/11/05 20:01:44	2018/11/05 20:36:04	2018/11/05 21:03:43	
esxi	100.00 %	57.24 %	82.68 %
Package 0	106.71 %	57.10 %	83.64 %
Package 1	107.88 %	57.38 %	81.71 %
VM - 1.GNS3VM	0.00 %	0.00 %	0.00 %
VM - 1.WorkstationVM	0.00 %	0.00 %	0.00 %
VM - Workstation0_VM01-WinServ2008	1.82 %	2.89 %	2.48 %
VM - Workstation0_VM02-CentOS	0.42 %	0.50 %	0.32 %
VM - Workstation0_VM03-GNS3VM	80.60 %	41.29 %	54.98 %
VM - Workstation1_VM01-WinServ2008	0.62 %	0.85 %	0.78 %
VM - Workstation1_VM03-GNS3VM	87.11 %	37.32 %	60.56 %
VM - Workstation1_VM02-CentOS	10.53 %	12.74 %	12.80 %
VM - Workstation2_VM01-WinServ2008	1.77 %	2.09 %	2.40 %
VM - Workstation2_VM02-CentOS	0.53 %	0.49 %	0.38 %
VM - Workstation2_VM03-GNS3VM	86.04 %	36.18 %	58.94 %
VM - Workstation3_VM01-WinServ2008	1.00 %	0.67 %	0.89 %
VM - Workstation3_VM02-CentOS	3.69 %	12.58 %	13.41 %
VM - Workstation3_VM03-GNS3VM	81.86 %	34.58 %	59.82 %
VM - Workstation4_VM02-CentOS	0.50 %	0.36 %	0.44 %
VM - Workstation5_VM02-CentOS	0.46 %	0.40 %	0.45 %
VM - Workstation6_VM02-CentOS	7.57 %	14.71 %	14.76 %
VM - Workstation7_VM02-CentOS	0.60 %	0.48 %	0.51 %
VM - Workstation4_VM01-WinServ2008	1.71 %	2.05 %	2.05 %
VM - Workstation4_VM03-GNS3VM	92.56 %	37.34 %	61.25 %
VM - Workstation5_VM03-GNS3VM	82.09 %	38.58 %	69.05 %
VM - Workstation5_VM01-WinServ2008	1.94 %	2.26 %	2.13 %
VM - Workstation6_VM03-GNS3VM	83.98 %	35.33 %	68.73 %
VM - Workstation6_VM01-WinServ2008	1.89 %	0.75 %	0.80 %
VM - Workstation7_VM01-WinServ2008	2.27 %	2.10 %	2.29 %
VM - Workstation7_VM03-GNS3VM	70.56 %	34.56 %	40.01 %

A nível dos ambientes gráficos, pode extrapolar-se que, para as máquinas Windows, o gasto de CPU se situa numa média de 2%. Nas máquinas CentOS, as bancadas 1, 3 e 6 têm uma carga média de 13%.

Analisa-se agora os dados retirados do comando *htop* e do Zabbix relativamente às GNS3VM.

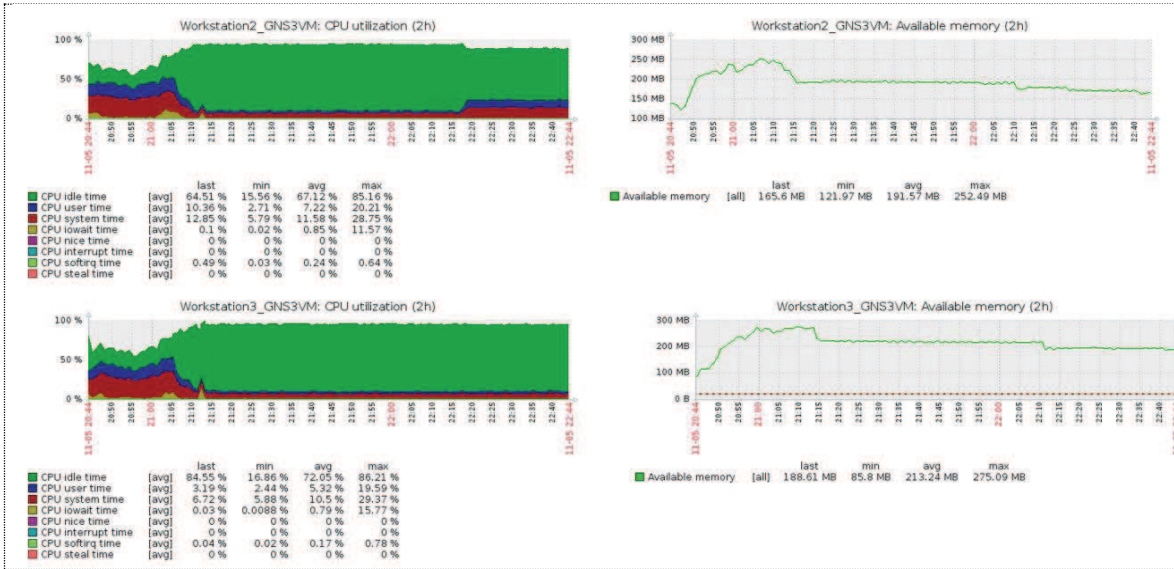
Tabela 51 - Comando htop GNS3VM; gráficos CPU, MEM Zabbix. Teste cenário firewall, arranque limpo

Htop GNS3VM e dados do Zabbix

```

gns3@gns3vm: ~
┌───┴───┐
1  |██████████| 33.3% | Tasks: 60, 110 thr: 2 running
2  |██████████| 12.3% | Load average: 1.38 1.68 1.81
Mem|██████████| [1561/2000MB] | Dptime: 01:35:29
Swp|██████████| 1592/2045MB |
└───┴───┘

PID USER   PRI  NI  VIRT  RES  SHR  S  CPU% MEM%  TIME+  Command
2231 gns3    20    0 3300M 489M  996 S 10.1 24.5 14:11.84 /usr/bin/qemu-system-x86_64 -name MattimMoniz -m 2048M -smp cpus=1 -enable-kvm -mach
2242 gns3    20    0 3234M 659M  880 S 10.1 33.0 13:25.99 /usr/bin/qemu-system-x86_64 -name Arroios -m 2048M -smp cpus=1 -enable-kvm -machin
2236 gns3    20    0 3300M 489M  996 S 10.1 24.5 13:47.40 /usr/bin/qemu-system-x86_64 -name MattimMoniz -m 2048M -smp cpus=1 -enable-kvm -mach
2235 gns3    20    0 3234M 659M  880 S  9.4 33.0 13:50.07 /usr/bin/qemu-system-x86_64 -name Arroios -m 2048M -smp cpus=1 -enable-kvm -machin
2222 gns3    20    0 163M 2064  0 S  4.7 0.1 4:00.75 /usr/bin/vpc -p 5000 -m 0 -i 1 -F -s 10018 -c 10019 -t 127.0.0.1 startup.vpc
2205 gns3    20    0 163M 2064  0 S  4.7 0.1 4:10.65 /usr/bin/vpc -p 5000 -m 0 -i 1 -F -s 10018 -c 10019 -t 127.0.0.1 startup.vpc
    
```



Do *htop* é possível ver que os maiores responsáveis a nível de exigência de sistema são as 2 ASA firewall. O Zabbix confirma os consumos a nível de CPU que já foram vistos por análise das estatísticas e gráficos retirados do VMWare ESXi. A memória utilizada acaba por estar em consonância com o cenário anterior.

### 5.3.5.1 Conclusões

Pela utilização de cifras que envolvem cálculos complexos as firewall são, de todos os equipamentos testados, os mais exigentes para o CPU e RAM da GNS3VM, e, consequentemente, do servidor. Na figura seguinte faz-se um *zoom* sobre o *htop* da GNS3VM da bancada1:

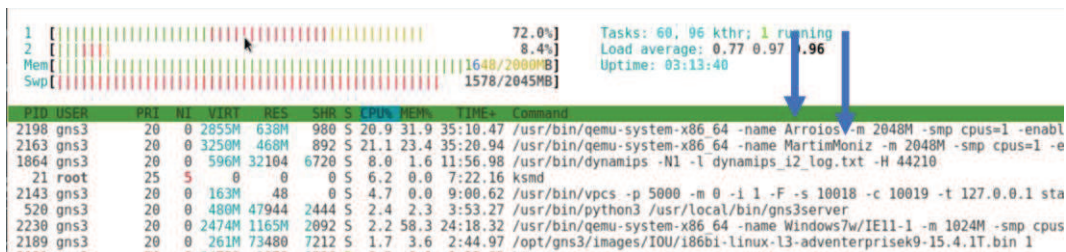


Figura 110 - GNS3VM ao pormenor. Teste cenário firewall, arranque limpo

Tabela 52 - Consumo de recursos de sistema no final do teste. Teste cenário firewall, arranque limpo

Características	Servidor VMWare		Máquinas <i>front-end</i> (Win~Linux)		GNS3VM <i>back-end</i>	
	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada
Teste de 8 bancadas em vazio	12%	49GB	0%~6%	0,84GB~0,75GB	0,5%	0,16GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCNA, arranque limpo	50%	60GB	0%~6%	1GB~0,84GB	0,1%	1,5GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque não-limpo	74%	71GB	4%~10%	1GB~0,9GB	40%	2GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque limpo	55%	61GB	2%~11%	1GB~0,84GB	40%	2GB
Teste de 8 bancadas - cenário Firewall 2xASA, W7, e gerador de tráfego, arranque limpo	82%	63GB	2%~13%	2,8GB~1,7GB	60%	2GB



### 5.3.6 Testes de sobrecarga do sistema

Foram feitos ainda dois testes de sobrecarga ao sistema, com vista a determinar o limite de equipamentos suportados em simultâneo.

- **Teste de sobrecarga do sistema: Cenário CCIE reduzido + 2x ASA Firewall, arranque limpo.**

Este teste procurou avaliar o comportamento do sistema com cenários escolhidos de forma a sobrecarregar a utilização de recursos. Para o efeito foi criada uma topologia CCIE com redução de alguns elementos e utilizando duas firewall Cisco ASA, após um arranque limpo da GNS3VM.

Os 12 equipamentos utilizados foram:

Tabela 53 - Lista de elementos para testes e seus requisitos de RAM

Equipamento	Memória RAM configurada para utilização
8x Cisco c3745	10 x 256 MB
1x FrameRelay Switch	0 (Funciona no front-end)
1x IOU L3	2 x 256 MB
2x ASA Firewall	2 x 2048 MB
TOTAL:	7168 MB

- a) Ao arrancar as simulações, começam a surgir avisos de falta de memória na GNS3VM:

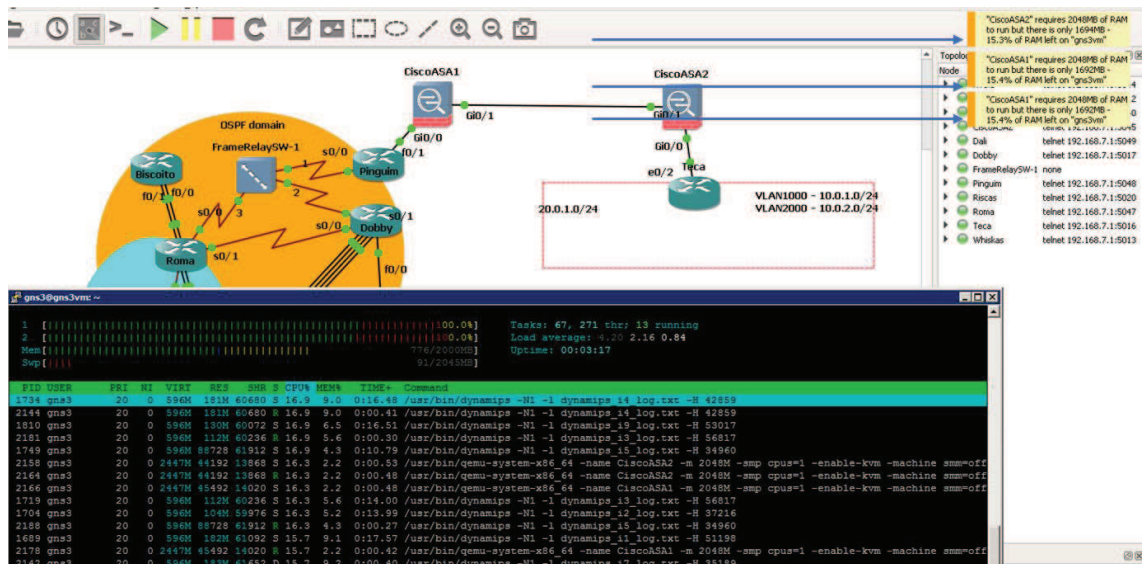


Figura 111 - Arranque - Cenário CCIE reduzido + 2x ASA Firewall

- b) Verifica-se que o maior pedido de recursos são para o QEMU e virtualização das firewall ASA:

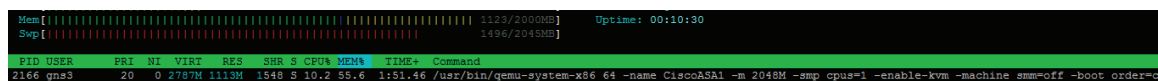


Figura 112 - Ocupação de memória QEMU <-> Cisco ASA

c) Até que certas aplicações bloqueiam, não sendo possível o arranque devido a insuficiência de memória:

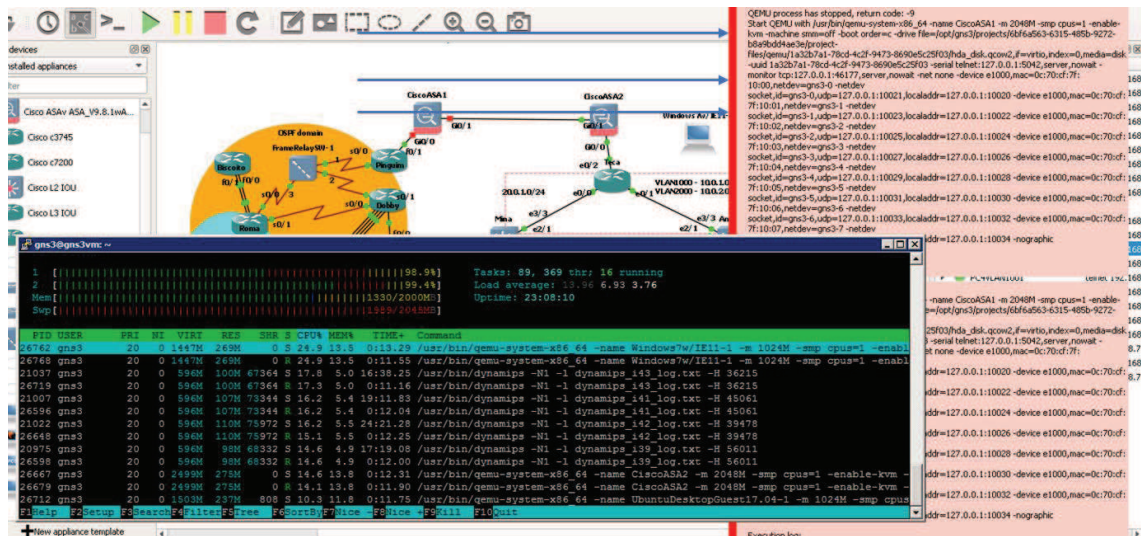


Figura 113 - Crash - Cenário CCIE reduzido + 2x ASA Firewall

Conclui-se que o elemento que ficou fora de serviço foi uma ASA firewall. Não foi possível reiniciar este elemento nesta simulação sem desligar outros, de forma a libertar memória.

- **Teste de sobrecarga do sistema: Limite de utilização de elementos - apenas Cisco IOS e Cisco IOU**

Neste teste adicionaram-se elementos de “*routing and switching*”, visto o ensino de redes se basear maioritariamente nestes 2 tipos de elementos. O objetivo é avaliar qual o número máximo de equipamentos deste género a funcionar de forma estável na GNS3VM. Após várias simulações, chegou-se ao número de elementos listado na tabela abaixo:

Tabela 54 - Lista de elementos para testes e seus requisitos de RAM

Equipamento	Memória RAM configurada para utilização
8x Cisco c3745	8 x 256 MB
5x Cisco c7200	5 x 512 MB
10x IOU L2	2 x 160 MB
6x IOU L3	2 x 106 MB
<b>TOTAL:</b>	<b>5140 MB</b>

Ligaram-se todos os elementos utilizando um hub simples do GNS3. Para validação, fez-se uma listagem no IOU1 por todos os vizinhos que utilizam o Cisco Discovery Protocol (CDP). Na figura seguinte pode ver-se a topologia e esta listagem:

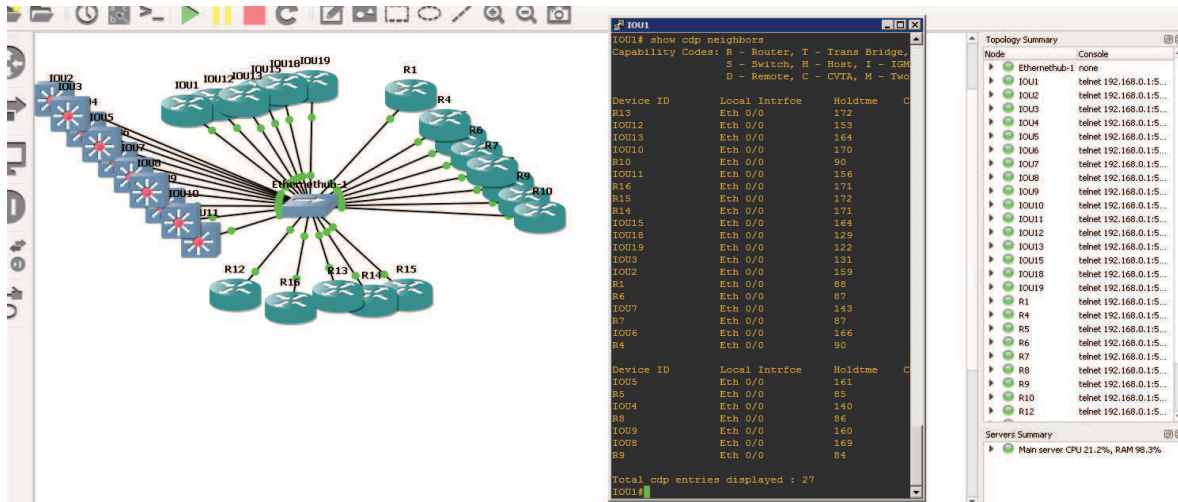


Figura 114 - Topologia. Teste elementos RS

Em seguida os consumos de CPU e memória da GNS3VM:

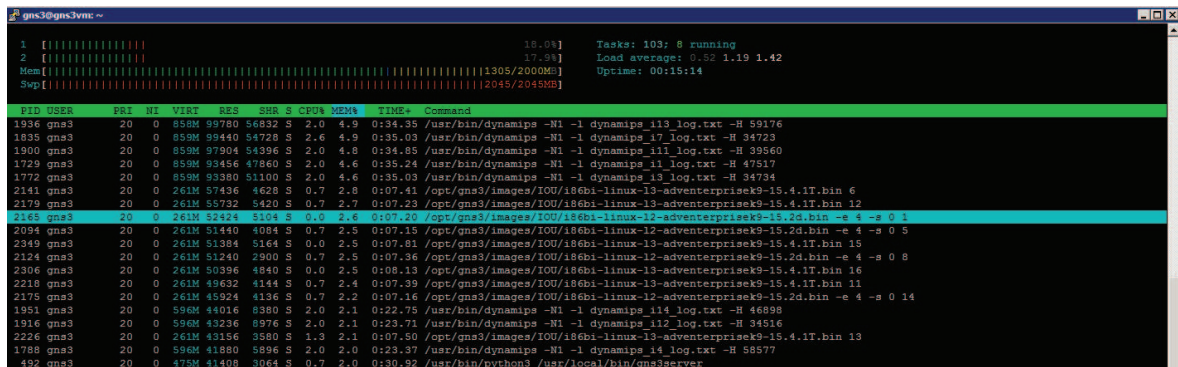


Figura 115 - htop GNS3VM. Teste elementos RS

Preenche-se agora a tabela abaixo com os valores deste teste. Os valores do primeiro teste de sobrecarga não foram incluídos, dado a simulação não ter sido finalizada com sucesso.

Tabela 55 - Consumo de recursos de sistema no final do teste de sobrecarga do sistema

Características	Servidor VMWare		Máquinas front-end (Win~Linux)		GNS3VM back-end	
	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada
Teste de 8 bancadas em vazio	12%	49GB	0%~6%	0,84GB~0,75GB	0,5%	0,16GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCNA, arranque limpo	50%	60GB	0%~6%	1GB~0,84GB	0,1%	1,5GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque não-limpo	74%	71GB	4%~10%	1GB~0,9GB	40%	2GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque limpo	55%	61GB	2%~11%	1GB~0,84GB	40%	2GB
Teste de 8 bancadas - cenário Firewall 2xASA, W7, e gerador de tráfego, arranque limpo	82%	63GB	2%~13%	2,8GB~1,7GB	60%	2GB
Teste de sobrecarga do sistema: utilização de elementos apenas Cisco IOS e Cisco IOU	70%	60GB	2%~12%	2,7GB~1,8GB	30%	2GB

## 5.4 Análise crítica

Neste ponto, analisam-se os *benchmarks* e testes feitos à plataforma, bem como a experiência de utilização.

### 5.4.1 GNS3

- Extrema eficiência de recursos: no cenário mais exigente (subcapítulo 5.3.5), a GNS3VM teve que gerir mais de 5.5GB de demanda de memória RAM, utilizando apenas 2GB de memória alocada pelo *hypervisor*. A nível de CPU também se comprova que, numa utilização normal, raramente haverá esgotamento deste componente.
- Escalabilidade: analisando as potencialidades e quantidade de elementos que a GNS3VM consegue virtualizar utilizando apenas 2GB de RAM, percebe-se que, aumentando este valor, existe grande abertura para testes com topologias maiores. Tendo em conta que a GNS3VM utiliza Linux Ubuntu com uma arquitetura 64bit, estima-se que o limite de memória RAM permitida esteja em torno de 1TB (Alvarado, 2018).
- Variedade: o número de *appliances* disponíveis para o GNS3VM e conteúdos online continua a aumentar, o que permite facilmente a diversificação do ensino.
- Bloqueios ocasionais da aplicação: ocasionalmente ocorrem bloqueios na aplicação *front-end*, devido à comunicação com o *back-end* e com o sistema operativo Windows. Estes erros foram ultrapassados reiniciando a aplicação. Numa das ocasiões foi necessário fazer *restart* ao Windows Server no ambiente gráfico.
- Erro no ambiente virtual: ocorreram esporadicamente erros no arranque de equipamentos no ambiente virtual. Estes erros foram resolvidos desligando/ligando e até readicionando o equipamento ao ambiente virtual.

### 5.4.2 Plataforma e Hypervisor

- Estabilidade do hypervisor: desde o momento que foi instalado e arrancado o VMWare ESXi até ao presente não houve erros ou problemas com o *hypervisor*, tendo-se revelado como uma boa escolha para este projeto.
- Escalabilidade: utilizando apenas um servidor físico com 32GHz de CPU (o *hypervisor* soma a frequência dos dois processadores do sistema) e 96GB de memória RAM, nos piores cenários de simulação, utilizando 8 bancadas em simultâneo, atingiu-se 82% e 71GB de RAM ocupado, respetivamente. Mesmo desconsiderando a adição de outro servidor existe, ainda assim, margem para adicionar novas bancadas, ou até aumentar a memória disponível para as GNS3VM.

Tabela 56 - Consumos máximos no fim dos testes

Características	Servidor VMWare		Máquinas <i>front-end</i> (Win~Linux)		GNS3VM back-end	
	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada	Carga CPU	RAM ocupada
<b>Pior cenário</b>	82%	71GB	2%~13%	2,8GB~1,7GB	60%	2GB

- Front-end: ao nível de ambientes gráficos de acesso, o Microsoft Windows é mais fluido na comunicação, havendo algum arrasto quando utilizado o CentOS. O sistema da Microsoft tem, no entanto, mais memória RAM alocada (4GB vs 2GB). No geral, ambos os sistemas se comportam de forma estável durante as simulações.



- Reinicializações periódicas ao sistema: por mais estáveis que as máquinas virtuais sejam, poderá ser vantajoso agendar reinícios semanais ou mensais das várias bancadas. Por se tratarem de máquinas virtuais, os reinícios ocorrem no geral em menos de 30 segundos.
- Planeamento futuro e previsão de consumos: pela forma como os recursos são alocados nos testes, é possível prever com relativa exatidão o consumo de uma bancada:
  - Memória RAM: Utilizando a tabela 56 como referência estima-se que, no pior dos casos, sejam necessários  $2,8+1,7+2 \cong 7\text{GB}$  de memória RAM por bancada.
  - CPU: Enquanto que a alocação de RAM é vital, devendo haver um mínimo disponível para evitar bloqueios, em caso de escassez de recursos de processamento esta vai refletir-se apenas em possível lentidão no sistema.
- Capacidade máxima do sistema: estima-se que este servidor suporte com segurança até 12 bancadas de alunos:

	Access Server	- 8GB
Domínio dos administradores	Management Server	- 4GB
	Firewall	- 1GB
	VM04, VM05	- 4GB
	TOTAL:	17GB
Por bancada	VM01, VM02	- 6GB
	VM03	- 2GB
	TOTAL:	8GB
Estimando 12 bancadas = $17 + (8 \times 12) = 113\text{GB}$ (TEORICO)		

Note-se que, embora os 113GB ultrapassem o limite de memória física do servidor (96GB), todas as VMs nunca irão consumir em simultâneo os valores teóricos reportados acima.

### 5.4.3 Experiência de utilização

Como se pode entender dos pontos anteriores, a plataforma é altamente dependente da quantidade e correta alocação de memória RAM no sistema. A otimização e escolha dos sistemas operativos referido em 4.1.2.7 foi fundamental para manter o ambiente gráfico o mais leve e estável possível.

Ainda assim, em caso de esgotamento de recursos na GNS3VM, não há impacto direto na experiência de acesso e trabalho dos alunos por 2 motivos:

- A simulação é feita e contida na GNS3VM.
- O Microsoft Windows Server 2008 e o Linux CentOS, para além de otimizados, conseguem concretizar a tarefa de ambiente gráfico do emulador gerindo continuamente a memória RAM e CPU que têm disponível. De facto, tendo em conta as funções e tarefas que desempenham, dificilmente se prevê que exista esgotamento de RAM nestes sistemas.

Como pode observar-se na tabela abaixo os consumos de CPU e memória mantêm-se em valores normais e bem abaixo dos limites:

**Tabela 57** - Consumo recursos, máquinas front-end

Características	Máquinas <i>front-end</i> (Win~Linux)	
	Carga CPU	RAM ocupada
Teste de 8 bancadas em vazio	0%~6%	0,84~0,75GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCNA, arranque limpo	0%~6%	1GB~0,84GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque não-limpo	4%~10%	1GB~0,9GB
Teste de 8 bancadas - cenário CCIE, arranque limpo	2%~11%	1GB~0,84GB
Teste de 8 bancadas - cenário Firewall 2xASA, W7, e gerador de tráfego, arranque limpo	2%~13%	2,8GB~1,7GB



## 5.5 Síntese

Este capítulo foi dedicado à exploração prática do sistema AMBIVeRT, com especial ênfase nos testes de desempenho.

Na fase inicial são detalhados alguns procedimentos envolvidos na criação de novas bancadas.

Na segunda parte realizam-se testes de carga do sistema criando determinados cenários de rede por forma a sobrecarregar o sistema. Para análise são recolhidos gráficos, valores de CPU e memória RAM dos vários atores.

## 6 Conclusões e trabalho futuro

### 6.1 Experiência em sala de aula

Sendo o AMBIVeRT uma plataforma desenhada e virada para a academia, é de grande importância fazer um teste prático numa sala de aulas. Assim, numa classe de Redes de Comunicação de Dados da Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e das Telecomunicações da ESTCB em que o docente lecionou o protocolo de encaminhamento EIGRP, os alunos utilizaram a plataforma AMBIVeRT. Execução de topologias de rede, emulação e captura de tráfego foram alguns dos objetivos completados. No final da aula foi pedido aos formandos que quantificassem com valores entre 0 e 5 (sendo 0 a pior nota e 5 a melhor) o projeto AMBIVeRT em 6 pontos:

- Facilidade de acesso.
- Facilidade de utilização.
- Diversidade de equipamentos.
- Tempo de resposta do sistema.
- Quantidade de funcionalidades disponíveis.
- No geral, da sua utilização do AMBIVeRT qual o seu grau de satisfação.

Como pode ser observado na figura seguinte as classificações obtiveram uma média geral acima de 4 pontos:

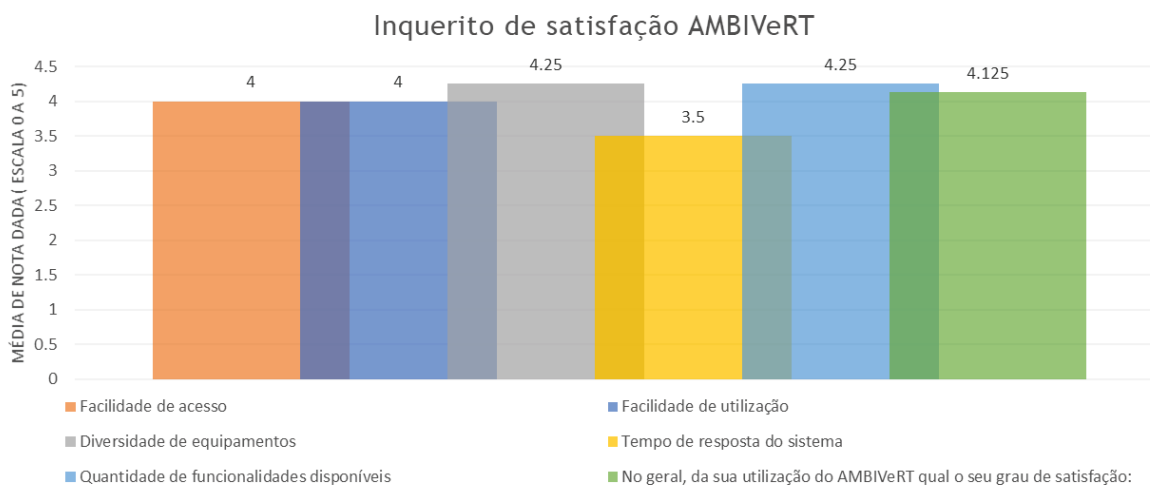


Figura 116 - Inquerito de satisfação AMBIVeRT

Numa segunda parte, foi pedido aos alunos que numa palavra descrevessem a sua experiência dessa aula com o AMBIVeRT. Na tabela 17 estão as respostas (não editadas) dadas pelos alunos.

extraordinário	BOA	inovador
Sofisticada	incrível	Realista
Muito bom	TEM FUTURO	

Figura 117 - Experiência de utilização com o AMBIVeRT

Considerando que os alunos não tinham tido até ao momento qualquer contato com a plataforma ou o software GNS3, os resultados, embora algo simplificados, demonstram boa aceitação e interesse por parte dos alunos à plataforma AMBIVeRT como uma alternativa ao ambiente de aprendizagem na sala de aula.

## 6.2 Conclusões

Virtualização e *cloud computing* são tendências muito fortes atualmente no mundo das TI. Estas tecnologias, em que deixam de existir máquinas físicas dedicadas, são a base daquilo que hoje é referido como *Software as a Service* (SaaS)<sup>31</sup>. Isto significa que os programas e recursos são disponibilizados a pedido e consoante a procura, por oposição ao método clássico em que os recursos estão localmente disponíveis. Esta terminologia, “*as a Service*”, despoletou variantes como *Data Center as a Service* (DCaaS) e *Lab as a Service* (LaaS), consistindo a segunda variante na entrega de recursos laboratoriais a pedido (*on-demand*), aumentando a eficiência e rentabilidade dos recursos.

Esta dissertação resultou da perceção da importância que a virtualização e simulação de redes pode ter no mundo académico, a nível económico, pedagógico e profissional:

- A nível económico, majoram-se os investimentos feitos pela escola nesta área, diminui-se a pegada ecológica e reduzem-se custos operacionais e de capital.
- A nível pedagógico, reconhece-se que atualmente não se trata apenas de lecionar conteúdos teóricos ou formais, mas também de desenvolver as capacidades de *troubleshooting*, pesquisa e recolha de informação online do aluno. Para um profissional das tecnologias de informação não basta possuir conhecimentos técnicos na temática em que labora, mas também estar preparado para investigar e pensar “fora da caixa”.
- A nível profissional, inicia-se a preparação prática dos alunos para uma parte integrante e em crescimento do mundo informático e telecomunicações atual: a virtualização.

Estes são os maiores contributos desta tese para o ensino e para o seu bem mais precioso, os alunos.

Nesta dissertação é proposta a criação de um ambiente virtual de ensino de redes de computadores fiável e de escalabilidade assegurada, não comprometendo as funcionalidades e objetivos propostos pelos diferentes trabalhos laboratoriais a serem executados.

Este ambiente virtual, a nível técnico, assenta em 3 pilares fundamentais: *hardware*, *hypervisor* e emulador de redes:

- Hardware: cedido pelo IPCB, utilizou-se um servidor de gama empresarial Cisco, com características suficientes para criar uma plataforma robusta e escalável.
- Hypervisor: após análise de soluções existentes, escolheu-se a solução da VMWare. Para além de incluir um ambiente gráfico simples e intuitivo, esta solução mostrou ter, durante os testes efetuados, grande robustez e estabilidade.
- Emulador de redes: dos emuladores em teste, o GNS3 na sua configuração de ambiente gráfico e VM provou ser muito ágil na gestão dos cenários que lhe foram apresentados. Pelas funcionalidades existentes no ambiente gráfico, um aluno corre as simulações pretendidas sem nunca aceder à máquina virtual de *back-end*. Em combinação com o *hypervisor*, que permite aumentar e diminuir a memória RAM disponível numa questão

---

<sup>31</sup> Software as a Service (SaaS) é um modelo de distribuição de software em que um provedor de serviços fornece aos seus clientes acesso ao software remotamente via Internet. Também é conhecido por Hosted Software (software alojado) ou On-demand Software (Software a pedido).

de minutos, as opções e capacidades ao nível de emulador de redes crescem exponencialmente.

No campo do desenho da solução, a criação de máquinas virtuais e a separação em dois domínios diferentes (administradores e alunos) foi feita de forma a proteger o sistema AMBIVeRT de interferências externas e internas que possam provir das bancadas dos alunos. No seguimento desta decisão, foi necessário escolher um sistema virtual que combine as funções de segurança, *routing* e *switching*. A seleção recaiu sobre a firewall livre pfSense. Este sistema providencia serviços de segurança (bloquear, desbloquear acesso das bancadas à Internet), encaminhamento de portas (mapear as ligações externas para as várias VM), NAT, atribuição de IPs (DHCP) e encaminhamento de pacotes.

A nível dos sistemas operativos utilizados, foi feita uma otimização nos processos e serviços, de modo a poder reduzir-se os requisitos de sistema sem comprometer a fluidez das bancadas de trabalho.

No campo do planeamento, foi tida em conta a coexistência dos equipamentos e sistemas operativos com a mesma flexibilidade e realismo da sala de aula. A estabilidade e independência de cada um dos ambientes pedagógicos também é devidamente garantida.

Numa fase posterior foram feitos testes ao sistema, recriando possíveis cenários reais, de forma a analisar a estabilidade e capacidade do sistema. Para sobrecarregar o sistema, testando o pior caso possível e cenários de utilização prática, lançaram-se testes em 8 bancadas em simultâneo. No âmbito da estabilidade de cada ambiente virtual, os resultados mostraram-se promissores, sendo o ambiente de trabalho em cada bancada bastante fluido, tendo em conta os requisitos de processamento e memória RAM no momento das simulações.

Na vertente de simulação, considerando conteúdos nível CCNA, CCNP e segurança lecionados atualmente nos diferentes cursos da ESTCB, cada bancada suportou os requisitos identificados, sendo ainda possível a execução de laboratórios mais complexos, ao nível de CCIE, sem degradação ou desestabilização do sistema.

No que diz respeito ao acesso remoto ao sistema via à Internet, este demonstrou ser rápido e estável nas várias sessões estabelecidas.

Em suma, a proposta de transição de uma sala de aula de redes para um laboratório virtual remoto foi conseguida, tendo culminado na criação de ambientes virtuais autónomos para uso dos alunos, onde é possível aceder e executar simulações complexas em simultâneo e de forma independente.

## 6.3 Trabalho futuro

Partindo do trabalho efetuado, identificaram-se alguns pontos que podem ser explorados futuramente por forma a melhorar o sistema AMBIVeRT:

- Diversificar o ensino remoto.

Com o aparecimento progressivo de algumas modalidades de ensino a distância, como o B-Learning (Blended Learning), o M-Learning (Mobile Learning) ou o U-Learning (Ubiquitous Learning), verificaram-se alterações na forma como decorre o processo de ensino-aprendizagem, na comunicação entre professor e alunos, na interação com os materiais pedagógicos e didáticos, entre muitas outras transformações. É, assim, importante estudar o impacto e o percurso para este tipo de ensino.

- Avaliar o desempenho do sistema com dois ou mais servidores.

Na configuração atual, este projeto conta apenas com um servidor físico. Por forma a garantir alta-disponibilidade, redundância e estabilidade deve ser ponderada a integração de servidores adicionais neste projeto. Em conjunto, deve ser adquirida (disponível via licenciamento académico) uma licença de vSphere vCenter, para gerar eficazmente os servidores, *networking* e as máquinas virtuais. O vCenter também fornece a automatização de backups e cópias de segurança.

- Explorar uma topologia de “router-on-a-stick” com vista a aumentar a capacidade do sistema

Devido à limitação de 10 interfaces por máquina virtual, a atual arquitetura não permite ter mais que 8 bancadas de trabalho. Duas formas de ultrapassar esta limitação passam por criar uma topologia tipo “router-on-a-stick” com subinterfaces na firewall ou criar outro nível de acesso entre a firewall pfSense e as *workbench*.

- Automatizar a integração/*deployment* das bancadas.

Neste momento, ativar uma bancada nova é um processo manual. Não se tratando de um processo complicado ou moroso, pode automatizar-se utilizando scripts automáticos no *hypervisor*, utilizando a ferramenta Ovftool, e na firewall diretamente na linha de comandos.

- Integração com um Learning Management System (LMS).

Tratando-se de uma plataforma orientada ao ensino, é importante considerar a integração com um sistema de aprendizagem online. Um sistema deste género pode trazer as seguintes funcionalidades e vantagens ao projeto:

- Seguimento de pedidos
- Gestão de utilizadores, competências e talentos
- Automatização e gestão de aprovações.
- Salas de chat e vídeo conferência.
- Fóruns de partilha de informação e conteúdos.
- Integração de email.
- Anúncios e integração com calendário.
- Dados estatísticos, analíticos sobre a utilização das ferramentas, acessos, etc.
- Materiais pedagógicos e avaliações online.

- Integração do projeto com um sistema de agendamento.

Tendo em conta a existência de acesso remoto, abre-se a porta ao aluguer e reserva de tempo e espaço no laboratório. Alguns exemplos destes sistemas são Teamup (Teamup.com,



2018), Skedda (Skedda.com, 2018), LabAgenda (LabAgenda, 2018) ou Quartzzy (Quartzzy.com, 2018).

Por último, deve ser tratada e melhorada continuamente a plataforma de aprendizagem, considerando alterações e mudanças que existem diariamente no ambiente escolar e académico. Para análise e implementação de alterações e melhorias, adota-se o plano PPDI00 (Kyle, 2012) da Cisco Systems. Este plano consiste em seis etapas devidamente definidas. Sendo um ciclo, nunca termina, o que reflete alterações e melhorias constantes.

As seis etapas são: Preparar, Planear, Desenhar, Implementar, Operar e Otimizar:

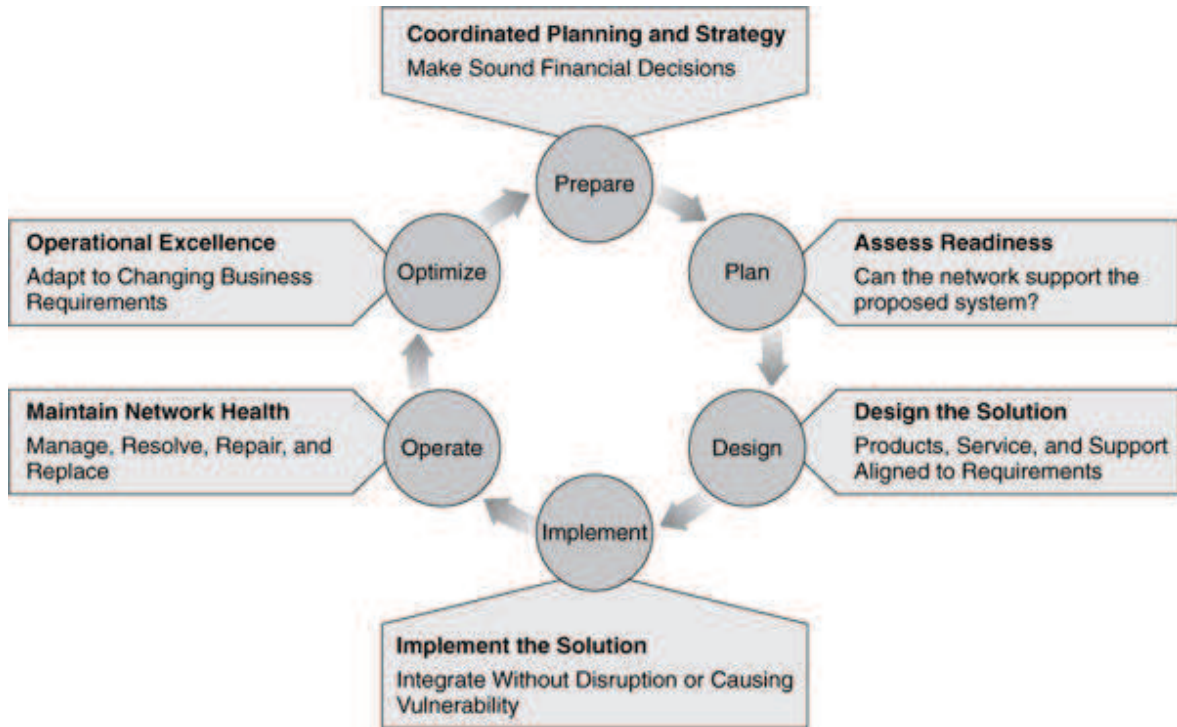


Figura 118 - Cisco PPDI00 (Kyle, 2012)

O ponto mais importante deste ciclo será o “Operar”, que se interliga diretamente com a utilização prática e real do sistema por parte de alunos e docentes. As experiências e lições que resultarem desta utilização prática serão fundamentais para a melhoria contínua da plataforma e prestação dos formandos.

## 7 Bibliografia

Alvarado, L. (2018). What's the maximum amount of RAM I can use on an specific hardware. [online] Ask Ubuntu. Available at: <https://askubuntu.com/questions/142043/whats-the-maximum-amount-of-ram-i-can-use-on-an-specific-hardware> [Acedido em 6 Nov. 2018].

Barker, D. (2014). Windows vs Linux: Which OS is best for your business?. [online] TechRadar. Available at: <https://www.techradar.com/news/software/operating-systems/windows-vs-linux-which-os-is-best-for-your-business-1265775> [Acedido em 20 Aug. 2018].

BLACKWELL, M. (2014). GNS3 Technologies Sets Crowdfunding Record. [online] PRWeb. Available at: <http://www.prweb.com/releases/2014/08/prweb12115767.htm> [Acedido em 14 Jul. 2018].

Blalock, J. (2016). How Often Should I Replace my Networking Devices. [online] Info.hummingbirdnetworks.com. Available at: <https://info.hummingbirdnetworks.com/blog/how-often-should-i-replace-my-networking-devices> [Acedido em 10 May 2018].

Bombal, D. and Duponchelle, J. (2018). Getting Started with GNS3 - GNS3. [online] Docs.gns3.com. Available at: [https://docs.gns3.com/1PvtRW5eAb8RJZ11maEYD9\\_aLY8kkdhgaMB0wPCz8a38/index.html](https://docs.gns3.com/1PvtRW5eAb8RJZ11maEYD9_aLY8kkdhgaMB0wPCz8a38/index.html) [Acedido em 29 Aug. 2018].

Cabrera, E., Young, G., Clay, J., Nunnikhoven, M., Ferguson, R. and Malik, W. (2011). Report: Virtualization growing in popularity -. [online] Blog.trendmicro.com. Available at: <https://blog.trendmicro.com/report-virtualization-growing-in-popularity/> [Acedido em 3 May 2018].

Caplan, D. (2010). CHAPTER 1: Management Accounting Defined, Described, and Compared to Financial Accounting. [online] Albany.edu. Available at: <https://www.albany.edu/~dc641869/Chapter04.htm> [Acedido em 2 Jun. 2018].

CDW. (2018). Server Virtualization: Decrease IT Cost and Data Center Space. (2018). 1st ed. [ebook] CDW.com. Available at: [https://biztechmagazine.com/sites/default/files/2\\_12\\_10%20Server%20Virt.pdf](https://biztechmagazine.com/sites/default/files/2_12_10%20Server%20Virt.pdf) [Acedido em 29 Aug. 2018].

Cedefop. (2016). Skill shortages in Europe: Which occupations are in demand – and why. [online] Available at: <http://www.cedefop.europa.eu/en/news-and-press/news/skill-shortages-europe-which-occupations-are-demand-and-why> [Acedido em 21 Mar. 2018].

Chesley, C. (2012). Virtualization: How to Pick the Right Platform. [online] Tom's IT Pro. Available at: <http://www.tomsitpro.com/articles/virtualization-hypervisor-hyper-v-xenserver-vsphere,1-51.html> [Acedido em 10 Jul. 2018].

Cisco Systems. (2018). The ROI of Virtualization: Get Big Results from Your Servers. [online] Cisco. Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/small-business/resource-center/do-business-better/roi-virtualization.html> [Acedido em 27 Aug. 2018].

Cisco. (2018). Cisco 2901 Integrated Services Router. [online] Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/routers/2901-integrated-services-router-isr/model.html> [Acedido em 30 May 2018].

Contabilista.pt. (2011). Custos Fixos, Variáveis e Totais | Contabilista.pt. [online] Available at: <http://contabilista.pt/custos-fixos-variaveis-e-totais/> [Acedido em 2 Jun. 2018].

Corradini, R. (2018). The Benefits and Limitations of Running Linux on Hyper-V. [online] 5nine. Available at: <https://5nine.com/linux-on-hyper-v/> [Acedido em 2 Jul. 2018].

Davis, D. (2013). The Top 5 Enterprise Type 1 Hypervisors You Must Know. [online] Virtualization Software. Available at: <http://virtualizationsoftware.com/top-5-enterprise-type-1-hypervisors/> [Acedido em 3 Jul. 2018].

Douz, R. (2017). Which is the best network simulator for CCNA, CCNP, and CCIE?. [online] Quora. Available at: <https://www.quora.com/Which-is-the-best-network-simulator-for-CCNA-CCNP-and-CCIE> [Acedido em 26 Jul. 2018].

ENTERPRISE MANAGEMENT ASSOCIATES. (2009), Reducing Operational Expense (OpEx) with Virtualization and Virtual Systems Management.. 1st ed. [ebook]. Available at: <https://www.vmware.com/files/pdf/vmware-solution-opex-reducing-opex-wp-en.pdf> [Acedido em 27 Aug. 2018].

EVE-NG. (2017). Eve-NG. [online] Eve-ng.net. Available at: <http://eve-ng.net> [Acedido em 2 Jul. 2018].

Flackbox.com. (2018). VIRL. [online] Available at: <https://flackbox.com/wp-content/uploads/2016/10/VIRL.jpg> [Acedido em 3 Jul. 2018].

Globalnettech.com. (2018). Dell Precision T7910 Intel Xeon Tower. [online] Available at: <http://www.globalnettech.com/dell-precision-t7910-intel-xeon-tower-workstation> [Acedido em 30 May 2018].

Golden, B. (2008). Virtualization for dummies. 1st ed. Hoboken, N.J: Wiley, p.54.

Hakulinen, T., Ninin, P., Valentini, F., Gonzalez, J., & Salatko-Petryszcze, C. (2012). CERN safety system monitoring - SSM. Contributions to the Proceedings of ICALEPCS 2011, (p. 1423). France

Higashi, S. (2018). Which hypervisor's best - Xen or KVM?. [online] OnApp. Available at: <https://onapp.com/2016/09/06/hypervisor-choice-xen-or-kvm/> [Acedido em 3 Jul. 2018].

Internetlivestats.com. (2018). Internet Live Stats - Internet Usage & Social Media Statistics. [online] Available at: <http://www.internetlivestats.com> [Acedido em 20 Feb. 2018].

IPC. (2016). Why End-of-Life Networking Equipment Puts Your Business at Risk - IPC. [online] Available at: <https://www.ipctech.com/why-end-of-life-networking-equipment-puts-your-business-at-risk> [Acedido em 13 May 2018].

Iperiusbackup.net. (2018). Using Free Version of VMware ESXi and back it up. [online] Available at: <https://iperiusbackup.net/en/using-free-version-of-vmware-esxi/> [Acedido em 3 Jul. 2018].

Katuntsov E.V., Kultan J., Makhovikov A.B. Application of Electronic Learning Tools for Training of Specialists in the Field of Information Technologies for Enterprises of Mineral Resources Sector. Zapiski Gornogo intituta. 2017. Vol. 226, p. 503-508. DOI: 10.25515/PMI.2017.4.503

Kear, S. (2018). Introduction to pfSense-An Open Source Firewall and Router Platform. [online] TurboFuture. Available at: <https://turbofuture.com/computers/Introduction-to-pfSense-An-Open-Source-Firewall-and-Router-Platform> [Acedido em 16 Oct. 2018].

Kyle, B. (2012). Chapter 1: Cisco SONA and the Cisco Enterprise Architecture. [online] Kylesnetworkingblog.blogspot.com. Available at: <http://kylesnetworkingblog.blogspot.com/2012/09/ccdp-designing-cisco-network-service.html> [Acedido em 11 Nov. 2018].

LabAgenda. (2018). LabAgenda. [online] Available at: <http://www.labagenda.com/> [Acedido em 3 Nov. 2018].

Learningnetwork.cisco.com. (2017). Certification vs. Degree: What Do I Need to Succeed? - The Cisco Learning Network. [online] Available at: <https://learningnetwork.cisco.com/blogs/certifications-and-labs-delivery/2017/01/06/certification-vs-degree-what-do-i-need-to-succeed> [Acedido em 3 Jun. 2018].

Martin, N. (2015). Five problems to watch for when running Linux VMs on Hyper-V. [online] SearchServerVirtualization. Available at: <https://searchservirtualization.techtarget.com/feature/Five-problems-to-watch-for-when-running-Linux-VMs-on-Hyper-V> [Acedido em 2 Jul. 2018].

Morel, M. (2016). Budgeting for system updates and technology replacement. [online] Sinu | NYC IT Support Services | Managed Service Provider. Available at: <http://www.sinu.com/blog/2016/11/14/budgeting-for-system-updates-and-technology-replacement> [Acedido em 13 May 2018].

Nap IT (2018). SNTC - Saiba como funciona o diagnóstico de redes CISCO. [online] Nap IT – Global Network Solutions. Available at: <https://www.napit.com.br/sntc-saiba-como-funciona-o-diagnostico-de-redes-cisco/> [Acedido em 6 Sep. 2018].

Netgate - Secure networks start here. (2018). pfSense - Your Next-generation Secure Network. [online] Available at: <https://www.netgate.com/solutions/pfsense/#get-pfSense> [Acedido em 16 Oct. 2018].

Network Computing. (2015). Guide To Virtualization Hypervisors. [online] Available at: <https://www.networkcomputing.com/data-centers/guide-virtualization-hypervisors/1057569047> [Acedido em 2 Jul. 2018].

Newhorizons.com. (2018). The Top Virtualization Courses That Employers Value Most. [online] Available at: <https://www.newhorizons.com/resources/article/articleid/35/title/the-top-virtualization-courses-that-employers-value-most> [Acedido em 2 May 2018].

Nhprice.com. (2018). Cisco 1921 Router, Sleek, Fast, Taking the Place of Beloved Cisco 1841. [online] Available at: <http://nhprice.com/1588.html> [Acedido em 30 May 2018].

Nuggets, T. (2017). The Most Valuable Certifications for a Virtualization Career | CBT Nuggets. [online] CBT Nuggets. Available at: <https://www.cbttuggets.com/blog/2017/04/the-most-valuable-certifications-for-a-virtualization-career/> [Acedido em 1 May 2018].

Odom, W. (2018). CCNA Build Lists – CertSkills.com. [online] Certskills.com. Available at: <https://www.certskills.com/lab/lab-gear/ccnabuildlists> [Acedido em 15 May 2018].

Onisick, J. (2010). Data Center 101: Server Virtualization. [online] Define The Cloud. Available at: <http://definethecloud.net/data-center-101-server-virtualization/> [Acedido em 1 Jul. 2018].

OnlineDeshDuniya. (2018). Best Programming Language To Learn in 2018. [online] Available at: <https://onlinedeshduniya.com/best-programming-language-to-learn-in-2018/> [Acedido em 3 May 2018].

Patrizio, A. (2015). Windows Server 2012 vs. Windows Server 2008 vs. Azure: Microsoft options compared. [online] ITworld. Available at: <https://www.itworld.com/article/2925349/data-center/ws2012-vs-ws2008-vs-azure-microsoft-options-compared.html> [Acedido em 20 Oct. 2018].

Pickavance, M. (2018). Best virtual machine software of 2018. [online] TechRadar. Available at: <https://www.techradar.com/news/best-virtual-machine-software> [Acedido em 27 Aug. 2018].

Posey, B. (2015). Key criteria for selecting the best hypervisor. [online] SearchServerVirtualization. Available at: <https://searchservirtualization.techtarget.com/tip/Key-criteria-for-selecting-the-best-hypervisor> [Acedido em 10 Jul. 2018].

Pplware. (2017). Aulas de programação chegam ao Ensino Básico em 2018. [online] Available at: <https://pplware.sapo.pt/informacao/aulas-programacao-chegam-2018/> [Acedido em 25 Mar. 2018].

Qemu-buch.de. (2018). Solaris Zones Container, zonecfg add create remove, zoneadm clone boot - qemu, kvm, xen & libvirt. [online] Available at: [http://qemu-buch.de/de/index.php?title=QEMU-KVM-Buch/\\_Anhang/\\_Weitere\\_Virtualisierer\\_und\\_Emulatoren/\\_Solaris\\_Zones](http://qemu-buch.de/de/index.php?title=QEMU-KVM-Buch/_Anhang/_Weitere_Virtualisierer_und_Emulatoren/_Solaris_Zones) [Acedido em 27 Aug. 2018].

Quartzy.com. (2018). Quartzy | The free and easy way to manage your lab. [online] Available at: <https://www.quartzy.com/> [Acedido em 3 Nov. 2018].

Redhat.com. (2016). Virtualization still strategic, growing but costs remain biggest challenge, Red Hat research shows. [online] Available at: <https://www.redhat.com/en/blog/virtualization-still-strategic-growing-costs-remain-biggest-challenge-red-hat-research-shows> [Acedido em 3 May 2018].

Rohrman, J. (2017). Emulator, Simulator, or Real Device - What To Use When?. [online] Sauce Labs. Available at: <https://saucelabs.com/resources/articles/emulator-simulator-or-real-device-what-to-use-when> [Acedido em 16 Jul. 2018].

Rosehosting.com. (2016). Physical vs Virtual server | RoseHosting. [online] Available at: <https://www.rosehosting.com/blog/physical-server-vs-virtual-server-all-you-need-to-know/> [Acedido em 19 Mar. 2018].

Rouse, M. (2012). What is open virtualization format ? - Definition from WhatIs.com. [online] SearchCloudApplications. Available at: <https://searchcloudapplications.techtarget.com/definition/open-virtualization-format-OVF> [Acedido em 27 Oct. 2018].

Rouse, M. and Kirsch, B. (2016). What is virtualization? - Definition from WhatIs.com. [online] SearchServerVirtualization. Available at: <https://searchservirtualization.techtarget.com/definition/> [Acedido em 1 Jul. 2018].

Routereflector.com. (2018). Unified Networking Lab v2 (UNetLabv2) | Andrea Dainese. [online] Available at: <http://www.routereflector.com/unetlab/> [Acedido em 3 Jul. 2018].

Skedda.com. (2018). Venue Booking System - Venue Software | Skedda. [online] Available at: <https://www.skedda.com/> [Acedido em 2 Nov. 2018].

Support.microsoft.com. (2018). [online] Available at: <https://support.microsoft.com/pt-pt/help/958559/description-of-windows-virtual-pc> [Acedido em 27 Aug. 2018].

Talley, S. (2015). IT Certifications vs. Degree: What's Better for Your Career? – Capella University Blog. [online] Capella.edu. Available at: <https://www.capella.edu/blogs/cublog/it-certifications-or-it-degrees-for-career-growth/> [Acedido em 2 Jun. 2018].

Teamup.com. (2018). Teamup Calendar – Organizing, scheduling and sharing, for teams and businesses. [online] Available at: <https://www.teamup.com/> [Acedido em 12 Nov. 2018].

TechRepublic. (2005). How to create a technology replacement strategy. [online] Available at: <https://www.techrepublic.com/article/how-to-create-a-technology-replacement-strategy/> [Acedido em 13 May 2018].

The Engineer. (2017). Engineering skills shortage: overcoming the fear and uncertainty – The Engineer. [online] Available at: <https://www.theengineer.co.uk/engineering-skills-shortage-overcoming-the-fear-and-uncertainty/> [Acedido em 21 Mar. 2018].

Thomas, M. (2017). FEATURED Cisco VIRL aka %\$#@. [online] Gns3.com. Available at: <https://gns3.com/news/article/cisco-virl-aka-%24#@> [Acedido em 3 Jul. 2018].

Virtuallyfun.com. (2017). Revisiting a Solaris on Qemu install. [online] Available at: <https://virtuallyfun.com/category/solaris/> [Acedido em 27 Aug. 2018].

Vmware.com. (2018). VMWARE vSPHERE AND vSPHERE WITH OPERATIONS MANAGEMENT Licensing, Pricing, and Packaging. [online] Available at: <https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/products/vsphere/vmware-vsphere-vsom-pricing-whitepaper.pdf> [Acedido em 3 Jul. 2018].

Wallen, J. (2016). 5 data center-ready Linux distributions. [online] TechRepublic. Available at: <https://www.techrepublic.com/article/5-data-center-ready-linux-distributions/> [Acedido em 20 Oct. 2018].

Welsh, C. (2014). A Little GNS3 History. [online] RedNectar's Blog. Available at: <https://rednectar.net/gns3-workbench/a-little-gns3-history/> [Acedido em 29 Aug. 2018].

Western Governors University. (2017). An IT Degree or Certifications: Which Do I Need to Succeed?. [online] Available at: <https://www.wgu.edu/blogpost/it-degree-or-it-certifications> [Acedido em 3 Jun. 2018].

Wiki.wireshark.org. (2006). FrontPage - The Wireshark Wiki. [online] Available at: <https://wiki.wireshark.org/> [Acedido em 8 Sep. 2018].

Zabbix.com. (2018). Zabbix:: The Enterprise-Class Open Source Network Monitoring Solution. [online] Available at: <https://www.zabbix.com/> [Acedido em 20 Jul. 2018].



## 8 Anexos

### i. Intel® Xeon® Processor X5650 datasheet

#### Essentials

- Product Collection [Legacy Intel® Xeon® Processors](#)
- Code Name [Products formerly Westmere EP](#)
- Vertical Segment Server
- Processor Number X5650
- Status End of Life
- Launch Date Q1'10
- Lithography 32 nm
- Recommended Customer Price \$996.00 - \$999.00

#### Performance

- # of Cores 6
- # of Threads 12
- Processor Base Frequency 2.66 GHz
- Max Turbo Frequency 3.06 GHz
- Cache 12 MB SmartCache
- Bus Speed 6.4 GT/s QPI
- # of QPI Links 2
- TDP 95 W
- VID Voltage Range 0.750V-1.350V

#### Supplemental Information

- Embedded Options Available No
- Datasheet [View now](#)

#### Memory Specifications

- Max Memory Size (dependent on memory type) 288 GB
- Memory Types DDR3 800/1066/1333
- Max # of Memory Channels 3
- Max Memory Bandwidth 32 GB/s
- Physical Address Extensions 40-bit
- ECC Memory Supported \*Yes

#### Package Specifications

- Sockets Supported FCLGA1366
- Max CPU Configuration 2
- T<sub>CASE</sub> 81.3°C
- Package Size 42.5mm X 45mm
- Low Halogen Options Available See MDDS

#### Advanced Technologies

- Intel® Turbo Boost Technology #1.0
- Intel® Hyper-Threading Technology #Yes
- Intel® Virtualization Technology (VT-x) #Yes
- Intel® Virtualization Technology for Directed I/O (VT-d) #Yes
- Intel® VT-x with Extended Page Tables (EPT) #Yes
- Intel® 64 #Yes
- Instruction Set64-bit
- Instruction Set ExtensionsSSE4.2
- Idle StatesYes
- Enhanced Intel SpeedStep® TechnologyYes
- Intel® Demand Based SwitchingYes
- Thermal Monitoring TechnologiesNo

### Security & Reliability

- Intel® AES New InstructionsYes
- Intel® Trusted Execution Technology #Yes
- Execute Disable Bit #Yes

## ii. Lista de máquinas virtuais no sistema

Nº	Vm id	Name	File	Guest OS	Version
1	16	0.Firewall	[V99L01] Firewall/Firewall.vmx	freebsd64Guest	vmx-13
2	34	0. ManagementServer	[V99L01] _ManagementServer/_ManagementServer.vmx	centos64Guest	vmx-13
3	43	Workstation0_VM01-WinServ2008	[V99L01] Workstation0_VM01-WinServ2008/Workstation0_VM01-WinServ2008.vmx	windows7Server64Guest	vmx-13
4	44	Workstation0_VM02-CentOS	[V99L01] Workstation0_VM02-CentOS/Workstation0_VM02-CentOS.vmx	centos7_64Guest	vmx-13
5	45	Workstation0_VM03-GNS3VM	[V99L01] Workstation0_VM03-GNS3VM/Workstation0_VM03-GNS3VM.vmx	ubuntu64Guest	vmx-09
6	46	Workstation1_VM01-WinServ2008	[V99L02] Workstation1_VM01-WinServ2008/Workstation1_VM01-WinServ2008.vmx	windows7Server64Guest	vmx-13
7	47	Workstation1_VM03-GNS3VM	[V99L02] Workstation1_VM03-GNS3VM/Workstation1_VM03-GNS3VM.vmx	ubuntu64Guest	vmx-09
8	48	Workstation1_VM02-CentOS	[V99L02] Workstation1_VM02-CentOS/Workstation1_VM02-CentOS.vmx	centos7_64Guest	vmx-13
9	49	Workstation2_VM01-WinServ2008	[V99L02] Workstation2_VM01-WinServ2008/Workstation2_VM01-WinServ2008.vmx	windows7Server64Guest	vmx-13
10	50	Workstation2_VM02-CentOS	[V99L02] Workstation2_VM02-CentOS/Workstation2_VM02-CentOS.vmx	centos7_64Guest	vmx-13
11	51	Workstation2_VM03-GNS3VM	[V99L02] Workstation2_VM03-GNS3VM/Workstation2_VM03-GNS3VM.vmx	ubuntu64Guest	vmx-09
12	52	Workstation3_VM01-WinServ2008	[V99L02] Workstation3_VM01-WinServ2008/Workstation3_VM01-WinServ2008.vmx	windows7Server64Guest	vmx-13
13	53	Workstation3_VM02-CentOS	[V99L02] Workstation3_VM02-CentOS/Workstation3_VM02-CentOS.vmx	centos7_64Guest	vmx-13
14	54	Workstation3_VM03-GNS3VM	[V99L02] Workstation3_VM03-GNS3VM/Workstation3_VM03-GNS3VM.vmx	ubuntu64Guest	vmx-09
15	55	Workstation4_VM02-CentOS	[V99L02] Workstation4_VM02-CentOS/Workstation4_VM02-CentOS.vmx	centos7_64Guest	vmx-13
16	56	Workstation5_VM02-CentOS	[V99L02] Workstation5_VM02-CentOS/Workstation5_VM02-CentOS.vmx	centos7_64Guest	vmx-13
17	57	Workstation6_VM02-CentOS	[V99L02] Workstation6_VM02-CentOS/Workstation6_VM02-CentOS.vmx	centos7_64Guest	vmx-13

18	58	Workstation7_VM02-CentOS	[V99L02] Workstation7_VM02-CentOS/Workstation7_VM02-CentOS.vmx	centos7_64Guest	vmx-13
19	60	Workstation4_VM01-WinServ2008	[V99L02] Workstation4_VM01-WinServ2008/Workstation4_VM01-WinServ2008.vmx	windows7Server64Guest	vmx-13
20	61	Workstation4_VM03-GNS3VM	[V99L02] Workstation4_VM03-GNS3VM/Workstation4_VM03-GNS3VM.vmx	ubuntu64Guest	vmx-09
21	62	Workstation5_VM03-GNS3VM	[V99L02] Workstation5_VM03-GNS3VM/Workstation5_VM03-GNS3VM.vmx	ubuntu64Guest	vmx-09
22	63	Workstation5_VM01-WinServ2008	[V99L02] Workstation5_VM01-WinServ2008/Workstation5_VM01-WinServ2008.vmx	windows7Server64Guest	vmx-13
23	64	Workstation6_VM03-GNS3VM	[V99L02] Workstation6_VM03-GNS3VM/Workstation6_VM03-GNS3VM.vmx	ubuntu64Guest	vmx-09
24	65	Workstation6_VM01-WinServ2008	[V99L02] Workstation6_VM01-WinServ2008/Workstation6_VM01-WinServ2008.vmx	windows7Server64Guest	vmx-13
25	66	Workstation7_VM01-WinServ2008	[V99L02] Workstation7_VM01-WinServ2008/Workstation7_VM01-WinServ2008.vmx	windows7Server64Guest	vmx-13
26	67	Workstation7_VM03-GNS3VM	[V99L02] Workstation7_VM03-GNS3VM/Workstation7_VM03-GNS3VM.vmx	ubuntu64Guest	vmx-09
27	7	1.GNS3VM	[V99L01] GNS3VM/GNS3VM.vmx	ubuntu64Guest	vmx-09
28	8	0. Access Server	[V99L01] AccessServVM/AccessServVM.vmx	windows8Server64Guest	vmx-13
29	9	1.WorkstationVM	[V99L01] WorkstationVM/WorkstationVM.vmx	windows7_64Guest	vmx-13

### iii. Características das máquinas virtuais

Elemento	Domínio dos Administradores			
	ACCESS SERVER	0. ManagementServer	.Firewall	1.GNS3VM
Número de CPU	8 vCPUs	4 vCPUs	1 vCPUs	8 vCPUs
Memória RAM	7.91 GB	4 GB	1 GB	2.05 GB
Disco Rígido	50 GB + 200GB	16 GB	8 GB	19.53 GB + 97.66GB
Placa de rede 1	<a href="#">VM Network (Connected)</a>	<a href="#">Internal Network (Connected)</a>	<a href="#">VM Network (Connected)</a>	<a href="#">Internal Network (Connected)</a>
Placa de rede 2	Internal Network (Connected)		Internal Network (Connected)	
Placa de rede 3			<a href="#">Workstation 0 (Connected)</a>	
Placa de rede 4			Workstation 1 (Connected)	
Placa de rede 5			<a href="#">Workstation 2 (Connected)</a>	
Placa de rede 6			Workstation 3 (Connected)	
Placa de rede 7			<a href="#">Workstation 4 (Connected)</a>	
Placa de rede 8			Workstation 5 (Connected)	
Placa de rede 9			<a href="#">Workstation 6 (Connected)</a>	
Placa de rede 10			Workstation 7 (Connected)	

Elemento	BANCADA 0			BANCADA <i>n</i>		
	Workstation0_ VM01- WinServ2008	Workstation0_ VM02-CentOS	Workstation0_ VM03- GNS3VM	Workstation <i>n</i> _VM01- WinServ2008	Workstation <i>n</i> _VM02- CentOS	Workstation <i>n</i> _VM03- GNS3VM
Número de CPU	2 vCPUs	2 vCPUs	2 vCPUs	2 vCPUs	2 vCPUs	2 vCPUs
Memória RAM	4 GB	2 GB	2 GB	4 GB	2 GB	2 GB
Disco Rígido	30 GB	20 GB	19.53GB + 97.66GB	30 GB	20 GB	19.53GB + 97.66GB
Placa de rede 1	<a href="#">Workstation 0 (Connected)</a>	<a href="#">Workstation 0 (Connected)</a>	<a href="#">Workstation 0 (Connected)</a>	<a href="#">Workstation <i>n</i> (Connected)</a>	<a href="#">Workstation <i>n</i> (Connected)</a>	<a href="#">Workstation <i>n</i> (Connected)</a>

#### iv. Lista dos vSwitchs no ESXi

```
[root@esxi:~] esxcli network vswitch standard list
vSwitch0
Name: vSwitch0
Class: etherswitch
Num Ports: 4352
Used Ports: 12
Configured Ports: 128
MTU: 1500
CDP Status: listen
Beacon Enabled: false
Beacon Interval: 1
Beacon Threshold: 3
Beacon Required By:
Uplinks: vmnic1, vmnic0, vmnic3, vmnic2
Portgroups: VM Network, Management Network
Workstations
Name: Workstations
Class: etherswitch
Num Ports: 4352
Used Ports: 33
Configured Ports: 1024
MTU: 1500
CDP Status: listen
Beacon Enabled: false
Beacon Interval: 1
Beacon Threshold: 3
Beacon Required By:
Uplinks:
Portgroups: Workstation 5, Workstation 6, Workstation 7, Workstation 4, Workstation 0, Workstation 3, Workstation 2, Workstation 1
vSwitch1
Name: vSwitch1
Class: etherswitch
Num Ports: 4352
Used Ports: 5
Configured Ports: 1024
MTU: 1500
CDP Status: listen
Beacon Enabled: false
Beacon Interval: 1
Beacon Threshold: 3
Beacon Required By:
Uplinks:
Portgroups: Internal Network
```

#### v. Lista de regras na firewall

```
NAT ; regras
```

```

rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60001 -> 192.168.0.2 port 3389
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60002 -> 192.168.0.3 port 5901
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60101 -> 192.168.1.2 port 3389
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60102 -> 192.168.1.3 port 5901
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60201 -> 192.168.2.2 port 3389
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60202 -> 192.168.2.3 port 5901
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60301 -> 192.168.3.2 port 3389
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60302 -> 192.168.3.3 port 5901
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60401 -> 192.168.4.2 port 3389
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60402 -> 192.168.4.3 port 5901
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60501 -> 192.168.5.2 port 3389
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60502 -> 192.168.5.3 port 5901
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60601 -> 192.168.6.2 port 3389
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60602 -> 192.168.6.3 port 5901
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60701 -> 192.168.7.2 port 3389
rdr on em0 inet proto tcp from any to x0.x00.100.11 port = 60702 -> 192.168.7.3 port 5901
pass in quick on em2 inet proto udp from any port = bootpc to 255.255.255.255 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass in quick on em2 inet proto udp from any port = bootpc to 192.168.0.254 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass out quick on em2 inet proto udp from 192.168.0.254 port = bootps to any port = bootpc keep state label "allow access to DHCP server"
block drop in log on ! em3 inet from 192.168.1.0/24 to any
block drop in log inet from 192.168.1.254 to any
block drop in log on em3 inet6 from fe80::20c:29ff:fe9c:7435 to any
pass in quick on em3 inet proto udp from any port = bootpc to 255.255.255.255 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass in quick on em3 inet proto udp from any port = bootpc to 192.168.1.254 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass out quick on em3 inet proto udp from 192.168.1.254 port = bootps to any port = bootpc keep state label "allow access to DHCP server"
block drop in log on ! em4 inet from 192.168.2.0/24 to any
block drop in log inet from 192.168.2.254 to any
block drop in log on em4 inet6 from fe80::20c:29ff:fe9c:743f to any
pass in quick on em4 inet proto udp from any port = bootpc to 255.255.255.255 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass in quick on em4 inet proto udp from any port = bootpc to 192.168.2.254 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass out quick on em4 inet proto udp from 192.168.2.254 port = bootps to any port = bootpc keep state label "allow access to DHCP server"
block drop in log on ! em5 inet from 192.168.3.0/24 to any
block drop in log inet from 192.168.3.254 to any
block drop in log on em5 inet6 from fe80::20c:29ff:fe9c:7449 to any
pass in quick on em5 inet proto udp from any port = bootpc to 255.255.255.255 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass in quick on em5 inet proto udp from any port = bootpc to 192.168.3.254 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass out quick on em5 inet proto udp from 192.168.3.254 port = bootps to any port = bootpc keep state label "allow access to DHCP server"
block drop in log on ! em6 inet from 192.168.4.0/24 to any
block drop in log inet from 192.168.4.254 to any
block drop in log on em6 inet6 from fe80::20c:29ff:fe9c:7453 to any
pass in quick on em6 inet proto udp from any port = bootpc to 255.255.255.255 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass in quick on em6 inet proto udp from any port = bootpc to 192.168.4.254 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass out quick on em6 inet proto udp from 192.168.4.254 port = bootps to any port = bootpc keep state label "allow access to DHCP server"
block drop in log on ! em7 inet from 192.168.5.0/24 to any
block drop in log inet from 192.168.5.254 to any
block drop in log on em7 inet6 from fe80::20c:29ff:fe9c:745d to any
pass in quick on em7 inet proto udp from any port = bootpc to 255.255.255.255 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass in quick on em7 inet proto udp from any port = bootpc to 192.168.5.254 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass out quick on em7 inet proto udp from 192.168.5.254 port = bootps to any port = bootpc keep state label "allow access to DHCP server"
block drop in log on ! em8 inet from 192.168.6.0/24 to any
block drop in log inet from 192.168.6.254 to any
block drop in log on em8 inet6 from fe80::20c:29ff:fe9c:7467 to any
pass in quick on em8 inet proto udp from any port = bootpc to 255.255.255.255 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"
pass in quick on em8 inet proto udp from any port = bootpc to 192.168.6.254 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"

```

pass out quick on em8 inet proto udp from 192.168.6.254 port = bootps to any port = bootpc keep state label "allow access to DHCP server"  
 block drop in log on ! em9 inet from 192.168.7.0/24 to any  
 block drop in log inet from 192.168.7.254 to any  
 block drop in log on em9 inet6 from fe80::20c:29ff:fe9c:7471 to any  
 pass in quick on em9 inet proto udp from any port = bootpc to 255.255.255.255 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"  
 pass in quick on em9 inet proto udp from any port = bootpc to 192.168.7.254 port = bootps keep state label "allow access to DHCP server"  
 pass out quick on em9 inet proto udp from 192.168.7.254 port = bootps to any port = bootpc keep state label "allow access to DHCP server"  
 pass in on lo0 inet all flags S/SA keep state label "pass IPv4 loopback"  
 pass out on lo0 inet all flags S/SA keep state label "pass IPv4 loopback"  
 pass in on lo0 inet6 all flags S/SA keep state label "pass IPv6 loopback"  
 pass out on lo0 inet6 all flags S/SA keep state label "pass IPv6 loopback"  
 pass out inet all flags S/SA keep state allow-opts label "let out anything IPv4 from firewall host itself"  
 pass out inet6 all flags S/SA keep state allow-opts label "let out anything IPv6 from firewall host itself"  
 pass out route-to (em0 x0.x00.100.1) inet from x0.x00.100.11 to ! x0.x00.100.0/28 flags S/SA keep state allow-opts label "let out anything from firewall host itself"  
 pass in quick on em1 proto tcp from any to (em1) port = https flags S/SA keep state label "anti-lockout rule"  
 pass in quick on em1 proto tcp from any to (em1) port = http flags S/SA keep state label "anti-lockout rule"  
 pass in quick on em1 proto tcp from any to (em1) port = ssh flags S/SA keep state label "anti-lockout rule"  
 anchor "userrules/\*" all  
 pass in on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to any port 59999 > 65001 flags S/SA keep state label "USER\_RULE"  
 pass in on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto udp from any to any port 59999 > 65001 keep state label "USER\_RULE"  
 pass in quick on Workbenchs inet from any to x0.x00.100.128/25 flags S/SA keep state label "USER\_RULE: MANTER SEMPRE trafego com o ZABBIX"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto icmp all keep state label "USER\_RULE: Permitir PINGs, qualquer direccão para troubles..."  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.0.2 port = rdp flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench0 VM01-WinServer RDP"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.0.3 port = 5901 flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench0 VM02-CentOS VNC"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.1.2 port = rdp flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench1 VM01-WinServer RDP"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.1.3 port = 5901 flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench1 VM02-CentOS VNC"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.2.2 port = rdp flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench2 VM01-WinServer RDP"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.2.3 port = 5901 flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench2 VM02-CentOS VNC"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.3.2 port = rdp flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench3 VM01-WinServer RDP"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.3.3 port = 5901 flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench3 VM02-CentOS VNC"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.4.2 port = rdp flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench4 VM01-WinServer RDP"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.4.3 port = 5901 flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench4 VM02-CentOS VNC"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.5.2 port = rdp flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench5 VM01-WinServer RDP"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.5.3 port = 5901 flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench5 VM02-CentOS VNC"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.6.2 port = rdp flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench6 VM01-WinServer RDP"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.6.3 port = 5901 flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench6 VM02-CentOS VNC"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.7.2 port = rdp flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench7 VM01-WinServer RDP"  
 pass in quick on em0 reply-to (em0 x0.x00.100.1) inet proto tcp from any to 192.168.7.3 port = 5901 flags S/SA keep state label "USER\_RULE: NAT Workbench7 VM02-CentOS VNC"