



# Renegociação de Contratos de Intermediação da Comercialização Eletrónica de Recursos de Cloud Computing

**RÚBEN DE CASTRO RODRIGUES MOREIRA DA CUNHA**

Outubro de 2016



Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, P-4249-015 Porto

# **Renegociação de Contratos de Intermediação da Comercialização Eletrónica de Recursos de Cloud Computing**

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização Telecomunicações

**Rúben de Castro Rodrigues Moreira da Cunha**

Orientação: Professora Doutora Maria Benedita Campos Neves Malheiro

Ano Letivo: 2015-2016



---

# Resumo

---

O objetivo desta tese foi a concepção e desenvolvimento de um mecanismo de renegociação automática de contratos de intermediação – *brokerage Service Level Agreements* (bSLA) – para a plataforma *Business-to-Business* (B2B) CloudAnchor dedicada à intermediação e comercialização de recursos computacionais – *Infrastructure as a Service* (IaaS).

O projeto envolveu as seguintes etapas: (i) o estudo do estado da arte da *Cloud Computing*; (ii) o estudo de sistemas de negociação automática; (iii) a concepção e implementação das estratégias de renegociação das taxas de intermediação dos contratos bSLA; (iv) a realização, teste e depuração do mecanismo de renegociação; e (v) a escrita da dissertação.

O mecanismo de renegociação automática dos contratos de intermediação foi incorporado na camada de *Service Level Agreements* (SLA) da plataforma, que é constituída pelos agentes SLA da plataforma e das empresas. O agente SLA da empresa propõe, quando o contrato em vigor está prestes a cessar, uma nova taxa de intermediação ao agente SLA da plataforma, o qual, após avaliar a proposta, a aceita ou envia uma contra-proposta. Quer o agente SLA da empresa, quer o agente SLA da plataforma efetuam as suas propostas e analisam as contras-propostas com base nos dados históricos disponíveis (número de recursos transacionados, confiabilidade, sucesso na plataforma e duração do contrato). O mecanismo de renegociação dos contratos de intermediação desenvolvido assegura taxas de intermediação em função do comportamento e do número de recursos transacionados pelas empresas, i.e., a taxa de intermediação pode resultar bonificada, penalizada ou inalterada.

Foram realizados múltiplos testes ao funcionamento deste novo mecanismo, envolvendo múltiplas empresas consumidoras e provedoras de recursos com diferentes perfis de confiabilidade em cenários de equilíbrio e de excesso de oferta. Os resultados demonstraram que a renegociação dos contratos de intermediação privilegia, em primeiro lugar, as empresas mais confiáveis e, entre estas, as que transacionaram mais recursos, em detrimento das menos confiáveis, assegurando

às primeiras a compra ou venda de recursos do tipo IaaS aos melhores preços. Este mecanismo, ao promover o cumprimento dos contratos estabelecidos entre empresas, aumenta a satisfação das empresas cumpridoras e leva as empresas incumpridoras a alterar o seu comportamento ou a cancelar o respetivo registo na plataforma.

---

# Abstract

---

The goal of this thesis was the creation and development of an automatic mechanism for the renegotiation of brokerage contracts – brokerage Service Level Agreements (bSLA) – for CloudAnchor, a B2B brokerage and Infrastructure as a Service (IaaS) trading platform.

The project included the following steps: *(i)* an overview of Cloud Computing; *(ii)* a study of automatic negotiation systems, including SLA negotiation platforms; *(iii)* the design and implementation of the bSLA renegotiation strategies; *(iv)* the development, test and debugging of the implementation; and *(v)* writing the dissertation.

The automatic renegotiation bSLA mechanism has been incorporated in the SLA agent of each business and in the SLA agent of the platform. The business SLA agent proposes, when the bSLA contract ends, a new brokerage fee to the platform SLA agent, which, after evaluation, accepts or issues a counter-proposal. Both the business SLA agent and the platform SLA agent generate and evaluate the proposals and counter-proposals based on the historical data available (number of transactions, reliability, success on the platform and contract duration). The developed bSLA renegotiation mechanism generates lower, equal or higher brokerage fees, depending on the behaviour and the volume of transactions of each business within the platform.

Multiple tests were performed involving multiple consumers and providers with different trustworthiness in equilibrium and oversupply scenarios. The results showed that bSLA renegotiation mechanism privileges, firstly, the most reliable businesses, and, then, those with higher volume of transactions, ensuring that the most reliable get the best brokerage fees and resource prices. This mechanism promotes the fulfilment of SLA and increases the satisfaction of the reliable companies in the CloudAnchor platform.



---

# Conteúdo

---

Conteúdo	i
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	xi
Lista de Equações	xv
Glossário	xvii
Agradecimentos	xix
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Contextualização . . . . .	1
1.2 Problema . . . . .	1
1.3 Motivação . . . . .	2
1.4 Objetivos . . . . .	2
1.5 Planeamento do Projeto . . . . .	2
1.6 Estrutura da Dissertação . . . . .	3
<b>2 <i>Cloud Computing</i></b>	<b>5</b>
2.1 Definição . . . . .	5
2.2 Caraterísticas Essenciais . . . . .	8
2.2.1 <i>Self-Service</i> a Pedido . . . . .	8
2.2.2 <i>Ampla Acesso à Rede</i> . . . . .	8
2.2.3 <i>Agrupamento de Recursos</i> . . . . .	9
2.2.4 <i>Elasticidade Rápida</i> . . . . .	9
2.2.5 <i>Serviços Mensuráveis</i> . . . . .	9
2.3 Modelos de Implementação . . . . .	10
2.3.1 Nuvem Privada . . . . .	10
2.3.1.1 Caraterísticas . . . . .	10

2.3.1.2	Adequação . . . . .	11
2.3.1.3	Tipos de implementação . . . . .	11
2.3.1.4	Vantagens . . . . .	13
2.3.1.5	Desvantagens . . . . .	13
2.3.2	Nuvem Pública . . . . .	13
2.3.2.1	Caraterísticas . . . . .	14
2.3.2.2	Adequação . . . . .	14
2.3.2.3	Vantagens . . . . .	15
2.3.2.4	Desvantagens . . . . .	15
2.3.3	Nuvem Comunitária . . . . .	15
2.3.3.1	Caraterísticas . . . . .	16
2.3.3.2	Adequação . . . . .	17
2.3.3.3	Vantagens . . . . .	18
2.3.3.4	Desvantagens . . . . .	18
2.3.4	Nuvem Híbrida . . . . .	18
2.3.4.1	Caraterísticas . . . . .	18
2.3.4.2	Adequação . . . . .	19
2.3.4.3	Vantagens . . . . .	20
2.3.4.4	Desvantagens . . . . .	20
2.4	Modelos de Serviço . . . . .	20
2.4.1	<i>Infrastructure as a Service</i> . . . . .	20
2.4.1.1	Caraterísticas do Modelo IaaS . . . . .	22
2.4.1.2	Prós e Contras do Modelo IaaS . . . . .	22
2.4.1.3	Exemplos de Ferramentas IaaS . . . . .	24
2.4.2	<i>Platform as a Service</i> . . . . .	24
2.4.2.1	Caraterísticas do Modelo PaaS . . . . .	25
2.4.2.2	Prós e Contras do Modelo PaaS . . . . .	26
2.4.2.3	Exemplos de Ferramentas PaaS . . . . .	28
2.4.3	<i>Software as a Service</i> . . . . .	29
2.4.3.1	Caraterísticas do Modelo SaaS . . . . .	30
2.4.3.2	Prós e Contras do Modelo SaaS . . . . .	30
2.4.3.3	Exemplos de Ferramentas SaaS . . . . .	32
2.5	Arquitetura da Nuvem . . . . .	32
2.5.1	Camada Cliente . . . . .	33
2.5.2	Camada de Rede . . . . .	33
2.5.3	Camada de Gestão da Nuvem . . . . .	34
2.5.4	Camada de Recursos de Hardware . . . . .	34
2.6	Virtualização . . . . .	35
2.6.1	Tipos de Virtualização . . . . .	37
2.6.1.1	Virtualização Total . . . . .	38
2.6.1.2	Para-virtualização . . . . .	39

2.6.1.3	Virtualização Assistida por <i>Hardware</i> . . . . .	41
2.6.2	Tipos de <i>Hypervisors</i> . . . . .	42
2.6.3	Conclusão . . . . .	43
<b>3</b>	<b>Comércio Eletrónico</b> . . . . .	<b>47</b>
3.1	Tipos de Comércio Eletrónico . . . . .	47
3.1.1	<i>Business-To-Business</i> . . . . .	47
3.1.2	<i>Business-To-Consumer</i> . . . . .	48
3.1.3	<i>Business-To-Administration</i> . . . . .	48
3.1.4	<i>Consumer-To-Administration</i> . . . . .	48
3.2	Sistemas Multiagente de Comércio Eletrónico . . . . .	49
3.2.1	AuctionBot . . . . .	49
3.2.2	Fishmarket . . . . .	50
3.2.3	Kashab . . . . .	50
3.2.4	Tete-a-Tete . . . . .	51
3.3	Sistemas de (Re)Negociação Automática de Contratos . . . . .	52
3.3.1	Service Level Agreements . . . . .	52
3.3.2	Sistemas de Negociação de SLA . . . . .	53
3.3.3	Sistemas de Renegociação de SLA . . . . .	54
3.4	Conclusão . . . . .	54
<b>4</b>	<b>Desenvolvimento do Sistema</b> . . . . .	<b>57</b>
4.1	Representação do Conhecimento . . . . .	57
4.1.1	Ontologia da Plataforma . . . . .	57
4.1.2	Aplicação das Ontologias . . . . .	59
4.2	Plataforma CloudAnchor . . . . .	60
4.2.1	Arquitetura . . . . .	61
4.2.1.1	Abstração e Interoperabilidade . . . . .	61
4.2.1.2	Intermediação e Negociação . . . . .	62
4.2.2	Service Level Agreements . . . . .	63
4.2.3	Confiança . . . . .	65
4.2.4	Negociação de Contratos . . . . .	66
4.2.4.1	(Re)Negociação de Contratos de Intermediação . . . . .	66
4.2.4.2	Negociação de Contratos de Provisão de Recursos . . . . .	72
4.3	Conclusão . . . . .	72
<b>5</b>	<b>Testes e Resultados</b> . . . . .	<b>75</b>
5.1	Introdução . . . . .	75
5.2	Consumidores de Confiança Variável . . . . .	76
5.2.1	Sem Renegociação . . . . .	76
5.2.1.1	Consumidores . . . . .	77
5.2.1.2	Provedores . . . . .	79

5.2.2	Com Renegociação . . . . .	80
5.2.2.1	Consumidores . . . . .	80
5.2.2.2	Provedores . . . . .	87
5.3	Provedores de Confiança Variável . . . . .	88
5.3.1	Sem Renegociação . . . . .	90
5.3.1.1	Provedores . . . . .	90
5.3.1.2	Consumidores . . . . .	91
5.3.2	Com Renegociação . . . . .	93
5.3.2.1	Provedores . . . . .	93
5.3.2.2	Consumidores . . . . .	100
5.4	Consumidores e Provedores de Confiança Variável . . . . .	100
5.4.1	Sem Renegociação . . . . .	101
5.4.1.1	Consumidores . . . . .	102
5.4.1.2	Provedores . . . . .	103
5.4.2	Com Renegociação . . . . .	105
5.4.2.1	Consumidores . . . . .	105
5.4.2.2	Provedores . . . . .	107
5.5	Consumidores de Confiança Variável – Excesso Oferta . . . . .	108
5.5.1	Sem Renegociação . . . . .	109
5.5.1.1	Consumidores . . . . .	109
5.5.1.2	Provedores . . . . .	111
5.5.2	Com Renegociação . . . . .	112
5.5.2.1	Consumidores . . . . .	112
5.5.2.2	Provedores . . . . .	119
5.6	Provedores de Confiança Variável – Excesso Oferta . . . . .	120
5.6.1	Sem Renegociação . . . . .	120
5.6.1.1	Provedores . . . . .	121
5.6.1.2	Consumidores . . . . .	123
5.6.2	Com Renegociação . . . . .	124
5.6.2.1	Provedores . . . . .	124
5.6.2.2	Consumidores . . . . .	130
5.7	Consumidores e Provedores de Confiança Variável – Excesso Oferta	132
5.7.1	Sem Renegociação . . . . .	133
5.7.1.1	Consumidores . . . . .	133
5.7.1.2	Provedores . . . . .	134
5.7.2	Com Renegociação . . . . .	136
5.7.2.1	Consumidores . . . . .	136
5.7.2.2	Provedores . . . . .	138
5.7.3	Conclusão . . . . .	141
<b>6</b>	<b>Conclusões</b>	<b>143</b>
6.1	Balanço . . . . .	143

6.2 Desenvolvimento Futuros . . . . .	144
<b>Bibliografia</b>	<b>145</b>



---

# Lista de Figuras

---

1.1	Gantt Chart. . . . .	2
2.1	Evolução do <i>Cloud Computing</i> [4]. . . . .	6
2.2	Caraterísticas Essenciais da <i>Cloud Computing</i> . . . . .	8
2.3	<i>On-premise private Cloud</i> [12] . . . . .	12
2.4	<i>Outsourced private Cloud</i> [12] . . . . .	12
2.5	Nuvem Pública [12] . . . . .	13
2.6	<i>On-premise community cloud</i> [12] . . . . .	16
2.7	<i>Outsourced community cloud</i> [12] . . . . .	17
2.8	Representação Nuvem híbrida [12] . . . . .	19
2.9	Modelo SPI [17] . . . . .	21
2.10	Arquitetura da Nuvem [11] . . . . .	33
2.11	Sistema Virtualizado [46] . . . . .	36
2.12	Anéis de Proteção em OS . . . . .	37
2.13	Virtualização Total. Adaptado de: [11] . . . . .	39
2.14	Para-Virtualização. Adaptado de: [11] . . . . .	40
2.15	Virtualização Assistida por <i>Hardware</i> . Adaptado de: [11] . . . . .	41
3.1	Classificações do diferentes tipos de leilões [53] . . . . .	50
4.1	<i>CloudBrokeragePlataformOntology: Concept</i> . . . . .	57
4.2	<i>CloudBrokeragePlataformOntology: AgentData</i> . . . . .	58
4.3	<i>CloudBrokeragePlataformOntology: Protocols</i> . . . . .	58
4.4	<i>CloudBrokeragePlataformOntology: AgentAction</i> . . . . .	59
4.5	<i>CloudBrokeragePlataformOntology: Agent</i> . . . . .	59
4.6	Lista de Classes de Java geradas pelo <i>BeanGenerator</i> . . . . .	59
4.7	Excerto Código da classe <i>CloudBrokeragePlataformOntology</i> . . . . .	60
4.8	Abordagem <i>CloudAnchor</i> . . . . .	62
4.9	Abordagem <i>CloudAnchor</i> [71]. . . . .	63
4.10	Hierarquia SLA. . . . .	64

4.11	Negociação bSLA. . . . .	66
4.12	Diagrama sequencial da renegociação de bSLA. . . . .	67
4.13	Desconto mediante a duração do bSLA. . . . .	68
5.1	Teste Sneg_CCV – Preço médio dos recursos pagos pelas empresas consumidoras. . . . .	77
5.2	Teste Sneg_CCV – Preço médio dos recursos providos. . . . .	79
5.3	Teste Rneg_CCV – $bFee$ propostas pelo C_501, contra-ofertas da pla- taforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	80
5.4	Teste Rneg_CCV – Taxas de intermediação propostas pelo C_502, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	81
5.5	Teste Rneg_CCV – Taxas de intermediação propostas pelo C_503, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	83
5.6	Teste Rneg_CCV – taxas de intermediação propostas pelo C_504, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	84
5.7	Teste Rneg_CCV – Taxas de intermediação propostas pelo C_505, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	85
5.8	Teste Rneg_CCV – Preço médio dos recursos. . . . .	86
5.9	Teste Rneg_CCV – Taxas de intermediação propostas à plataforma pelos provedores e contra-ofertas. . . . .	88
5.10	Teste Sneg_PCV – Preço médio dos recursos providos. . . . .	90
5.11	Teste Sneg_PCV – Preço médio dos recursos requeridos. . . . .	92
5.12	Teste Rneg_PCV – $bFee$ propostas pelo GP_020, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	93
5.13	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação propostas pelo GP_040, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	94
5.14	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação propostas pelo GP_060, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	95
5.15	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação propostas pelo GP_080, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	97
5.16	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação propostas pelo GP_100, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	98
5.17	Teste Rneg_PCV – Preço médio dos recursos dos provedores. . . . .	99
5.18	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação propostas pelos consumi- dores. . . . .	100
5.19	Teste Sneg_CPCV – Preço Médio dos recursos. . . . .	102
5.20	Teste Sneg_CPCV – Preço Médio dos recursos providos. . . . .	104
5.21	Teste Rneg_CPCV – Taxas de intermediação propostas pelos consu- midores e contra-propostas. . . . .	105
5.22	Teste Rneg_CPCV – Taxa de intermediação proposta e contra-oferta. . . . .	107
5.23	Teste Sneg_CCVE – Preço médio dos recursos. . . . .	110
5.24	Teste Sneg_CCVE – Preço médio dos recursos providos. . . . .	111

5.25	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C_501, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	112
5.26	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C_502, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	113
5.27	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C_503, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	115
5.28	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C_504, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	116
5.29	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C_505, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	117
5.30	Teste Rneg_CCVE – Preço médio dos recursos para os consumidores. . . . .	118
5.31	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação propostas à plataforma pelos Provedores e contra-ofertas. . . . .	120
5.32	Teste Sneg_PCVE – Preço médio dos recursos providos. . . . .	122
5.33	Teste Sneg_PCVE – Preço médio dos recursos Requeridos. . . . .	123
5.34	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP_020, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	125
5.35	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP_040, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	126
5.36	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP_060, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	127
5.37	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP_080, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	128
5.38	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP_100, contra-ofertas da plataforma e $\overline{bFee}$ . . . . .	129
5.39	Teste Rneg_PCVE – Preço médio dos recursos dos provedores. . . . .	130
5.40	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelos consumidores. . . . .	131
5.41	Teste Sneg_CPCVE – Preço Médio dos recursos. . . . .	133
5.42	Teste Sneg_CPCVE – Preço médio dos recursos providos. . . . .	135
5.43	Teste Rneg_CPCVE – Taxa de intermediação proposta e contra-proposta para os consumidores. . . . .	136
5.44	Teste Rneg_CPCVE – Taxas de intermediação propostas à plataforma pelos Provedores e contra-ofertas. . . . .	139
5.45	Teste Complementar Consumidores - CPCVE . . . . .	141
5.46	Teste Complementar Provedores - CPCVE . . . . .	141



---

# Lista de Tabelas

---

2.1	Resumo dos diferentes tipos de virtualização . . . . .	42
2.2	Resumo dos diferentes <i>hypervisors</i> . . . . .	43
4.1	Desconto parcial em função da duração do contrato bSLA: exemplos. .	68
4.2	Condições de análise da taxa de intermediação para os consumidores na plataforma. . . . .	71
4.3	Condições de análise da taxa de intermediação para os provedores na plataforma. . . . .	71
5.1	Experiências realizadas. . . . .	75
5.2	Teste CCV – Configurações as empresas consumidoras e provedoras. .	76
5.3	Teste Sneg_CCV – Resultados do preço médio dos recursos adquiridos e <i>bFee</i> . . . . .	77
5.4	Teste Sneg_CCV – Resultados do preço médio dos recursos providos e <i>bFee</i> . . . . .	79
5.5	Teste Rneg_CCV – Taxas de intermediação do C_501. . . . .	81
5.6	Teste Rneg_CCV – Taxas de intermediação do C_502. . . . .	82
5.7	Teste Rneg_CCV – <i>bFee</i> do C_503. . . . .	83
5.8	Teste Rneg_CCV – Taxas de intermediação do C_504. . . . .	84
5.9	Teste Rneg_CCV – Taxas de intermediação do C_505. . . . .	85
5.10	Teste Rneg_CCV – Resultados do preço médio dos recursos. . . . .	87
5.11	Teste Rneg_CCV – Taxas de intermediação propostas pelas empresas provedoras e contra-ofertas da plataforma. . . . .	89
5.12	Teste PCV – Configurações das empresas consumidores e das provedoras. . . . .	89
5.13	Teste Sneg_PCV – Resultados do preço médio dos recursos providos e taxa de intermediação. . . . .	90
5.14	Teste Sneg_PCV – Resultados do preço médio dos recursos requeridos e taxas de intermediação. . . . .	92

5.15	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação do GP_020, #recursos e condição de cálculo. . . . .	93
5.16	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação do GP_040, #recursos e condição de cálculo. . . . .	94
5.17	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação do GP_060, #recursos e condição de cálculo. . . . .	96
5.18	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação do GP_080, #recursos e condição de cálculo. . . . .	96
5.19	Teste Rneg_PCV – Taxas de intermediação do GP_100, #recursos e condição de cálculo. . . . .	98
5.20	Teste Rneg_PCV – Resultados do preço médio dos recursos providos. . . . .	99
5.21	Teste Rneg_PCV – Resultados das Taxas de intermediação propostas pelos consumidores. . . . .	101
5.22	Teste CPCV – Configurações das empresas consumidores e das provedores . . . . .	102
5.23	Teste Sneg_CPCV – Resultados do preço médio dos recursos. . . . .	103
5.24	Teste Sneg_CPCV – Resultados do preço médio dos recursos providos e <i>bFee</i> . . . . .	104
5.25	Teste Rneg_CPCV – <i>bFee</i> do C_501 a C_505. . . . .	106
5.26	Teste Rneg_CPCV – Resultados das taxas de intermediação propostas e contra-ofertas. . . . .	108
5.27	CCVE: Configurações das empresas consumidores e das provedoras. . . . .	109
5.28	Teste Sneg_CCVE – Resultados do preço médio dos recursos. . . . .	110
5.29	Teste Sneg_CCVE – Resultados do preço médio dos recursos providos e <i>bFee</i> . . . . .	111
5.30	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação do C_501. . . . .	113
5.31	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação do C_502. . . . .	114
5.32	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação do C_503. . . . .	115
5.33	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação do C_504. . . . .	116
5.34	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação do C_505. . . . .	117
5.35	Teste Rneg_CCVE – Resultados do preço médio dos recursos para os consumidores. . . . .	118
5.36	Teste Rneg_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelas empresas provedoras e contra-ofertas da plataforma. . . . .	121
5.37	Teste PCVE – Configurações das empresas consumidores e das provedoras . . . . .	121
5.38	Teste Sneg_PCVE – Resultados do preço médio dos recursos providos e <i>bFee</i> . . . . .	122
5.39	Teste Sneg_PCVE – Resultados do preço médio dos recursos requeridos e <i>bFee</i> . . . . .	123
5.40	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação do GP_020. . . . .	124

5.41	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação do GP_040. . . . .	126
5.42	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação do GP_060. . . . .	126
5.43	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação do GP_080. . . . .	127
5.44	Teste Rneg_PCVE – Taxas de intermediação do GP_100. . . . .	129
5.45	Teste Rneg_PCVE – Resultados do preço médio dos recursos dos provedores. . . . .	130
5.46	Teste Rneg_PCVE – Resultados das Taxas de intermediação propostas pelos consumidores. . . . .	131
5.47	Teste CPCV – Configurações das empresas consumidores e das provedores . . . . .	132
5.48	Teste Sneg_CPCVE – Resultados do preço médio dos recursos. . . . .	134
5.49	Teste Sneg_CPCVE – Resultados do preço médio dos recursos providos e <i>bFee</i> . . . . .	135
5.50	Teste Rneg_CPCVE – <i>bFee</i> do C_501 a C_505. . . . .	137
5.51	Teste Rneg_CPCVE – Taxas de intermediação propostas pelas empresas provedoras e contra-ofertas da plataforma. . . . .	138
5.52	Teste Complementar Consumidores - CPCVE. . . . .	140
5.53	Teste Complementar Provedores - CPCVE. . . . .	140



---

## Lista de Equações

---

4.1: Confiabilidade dinâmica local .....	65
4.2: Auto-confiança da empresa .....	65
4.3: Desconto parcial função da duração do bSLA .....	68
4.4: Desconto parcial função do número de recursos negociados .....	69
4.5: Sucesso da empresa na plataforma .....	69
4.6: Credibilidade da empresa na plataforma .....	69
4.7: Desconto a aplicar à taxa de intermediação da empresa .....	70
4.8: Taxa de intermediação – <i>bFee</i> – a propor à plataforma .....	70



---

# Glossário

---

Abbreviation	Description	Page
B2B	<i>Business-to-Business</i>	iii
bSLA	<i>brokerage Service Level Agreement</i>	iii
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i>	iii
SLA	<i>Service Level Agreement</i>	iii
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto	xix
cSLA	<i>coalition Service Level Agreement</i>	1
rSLA	<i>resource Service Level Agreement</i>	1
PC	<i>Personal Computer</i>	5
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>	5
TI	Tecnologias da Informação	6
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>	6
PaaS	<i>Platform as a Service</i>	7
SaaS	<i>Software as a Service</i>	6
NIST	National Institute of Standards and Technology	7
EUA	Estados Unidos da América	7
CLI	<i>Command Line Interface</i>	8
QoS	<i>Quality of Service</i>	9
VPN	<i>Virtual Private Network</i>	12
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>	13
XaaS	<i>Anything as a Service</i>	20
VM	<i>Virtual Machine</i>	21
CPU	<i>Central Processing Unit</i>	21
STaaS	<i>Storage as a Service</i>	21
NaaS	<i>Network as a Service</i>	21
TOC	<i>Total Cost of Ownership</i>	23
ROI	<i>Return of Investment</i>	23
GCE	Google Compute Engine	24
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>	25
PHP	<i>PHP Hypertext Preprocessor</i>	25
REST	<i>REpresentational State Transfer</i>	26
UI	<i>User Interface</i>	26

Abbreviation	Description	Page
API	<i>Application Programming Interface</i>	26
ISV	<i>Independent Software Vendor</i>	27
AWS	Amazon Web Services	28
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>	29
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>	29
LAN	<i>Local Area Network</i>	33
UML	<i>User Mode Linux</i>	35
KVM	<i>Kernel-based Virtual Machine</i>	35
VMM	<i>Virtual Machine Monitor</i>	36
AMD	Advanced Micro Devices	41
VT-x	<i>Virtualization Technology</i>	41
AMD-v	<i>AMD virtualization</i>	41
C2A	<i>Consumer-To-Administration</i>	47
B2C	<i>Business-to-Consumer</i>	47
B2A	<i>Business-To-Administration</i>	47
C2A	<i>Consumer-To-Administration</i>	47
SB	<i>Sealed Bid</i>	49
CDA	<i>Continuous Double Auction</i>	49
FPSB	<i>First-price Sealed-bid</i>	49
MIT	Massachusetts Institute of Technology	50
PVM	<i>Parallel Virtual Machine</i>	50
MAUT	<i>Multi-Attribute Utility Theory</i>	52
DCSP	<i>Distributed Constraint Satisfaction Problems</i>	52
CBB	<i>Consumer Buying Behaviour</i>	51
WS	<i>Web Service</i>	52
WSLA	<i>Web Service Level Agreement</i>	52
OGF	Open Grid Forum	52
IBM	International Business Machines	52
RAM	<i>Random Access Memory</i>	53
SBNP	<i>Simple Bilateral Negotiation Protocol</i>	54
SLO	<i>Service Level Objectives</i>	54
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>	50
BBB	<i>Better Business Bureau</i>	51
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>	52
SBC	<i>Service Broker Cloud</i>	53
FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agents	58
CNIP	<i>Contract Net Interaction Protocol</i>	63
CIMI	<i>Cloud Infrastructure Management Interface</i>	62
ICNIP	<i>Iterated Contract Net Interaction Protocol</i>	63
FICNIP	<i>Fixed Iterated Contract Net Interaction Protocol</i>	63
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>	63

---

# Agradecimentos

---

Esta dissertação é o culminar dos meus estudos académicos no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e gostaria de agradecer a todas as pessoas que contribuíram para que este projeto tornasse-se possível. Embora seja apenas o meu nome na capa, muitas pessoas contribuíram e por isso quero dar-lhes um agradecimento especial.

Em primeiro de tudo, gostaria de expressar o meu mais profundo sentido de gratidão a minha orientadora, Professora Doutora Maria Benedita Campos Neves Malheiro, pela magnífica orientação, pelos conselhos, pela paciência e pelo incentivo que proporcionou ao longo destes meses de realização da dissertação. Tive a sorte de poder escolher uma orientadora que se interessava pelo meu trabalho e que respondia às minhas perguntas e consultas prontamente. Este profundo sentido de gratidão é extensível ao meu colega Bruno Veloso, iniciador desta plataforma, e que esteve sempre disposto a ajudar e a dar-me as suas melhores sugestões. Não posso esquecer, também, da minha colega de laboratório Fátima Leal, que tinha sempre uma palavra amiga e de incentivo quando o desenvolvimento não corria pelo melhor.

Também gostaria de agradecer aos meus pais, a minha irmã e avó paterno que experimentaram todos os altos e baixos da minha pesquisa proporcionando-me um apoio e compreensão inestimáveis, pelos diversos sacrifícios suportados e pelo constante encorajamento a fim de prosseguir a elaboração deste trabalho. Vocês são o melhor da minha vida e acreditaram sempre em mim, mesmo quando eu já não acreditava.

Agradeço também, a minha avó materna, que me proporcionou o carinho suficiente para seguir em frente na constante busca pelo conhecimento.

Agradeço a todos os meus amigos por todos os grandes momentos que compartilhamos. Estou particularmente grato aos meus fiéis companheiros Cristiano Almeida e ao Sérgio Rodrigues pelas oportunas manifestações de companheirismo e de encorajamento. Vocês foram simplesmente essenciais.

Por último, o meu agradecimento especial é endereçado à minha querida avó paterna, que apesar de já não estar entre nós, foi ela que ajudou-me a iniciar a minha caminhada de estudante universitário dando-me um apoio indescritível. Para a minha avó, ver-me hoje a concluir os meus estudos seria, com toda a certeza, um dos dias mais felizes da sua vida. Apesar de não estar entre nós, ela foi uma das pessoas que iluminou sempre o meu caminho e deu-me força para continuar nos momentos de fraqueza. Apenas dizer MUITO OBRIGADO não é suficiente para agradecer a minha AVÓ, MÃE e AMIGA. Esteja onde estiver sei que estará sempre a iluminar o meu caminho.

O meu profundo sentimento de gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação.

# Capítulo 1

---

## Introdução

---

*Este capítulo de introdução apresenta a contextualização do projeto, o problema que se pretende resolver, os objetivos a atingir, o planeamento do projeto e, por fim, a estrutura desta dissertação.*

### 1.1 Contextualização

Esta tese foi proposta no âmbito do desenvolvimento da plataforma de intermediação e comercialização de recursos de Cloud Computing — *CloudAnchor* [1]. O principal objetivo da *CloudAnchor* é negociar e estabelecer *Service Level Agreements* (SLA) entre empresas consumidoras e provedoras de recursos IaaS. Em particular, a plataforma contempla não só o estabelecimento de contratos de intermediação — *brokerage SLA* (bSLA) — entre a plataforma e cada provedor ou consumidor, mas também contratos de coligações de provedores — *coalition SLA* (cSLA) — e da provisão de recursos — *resource SLA* (rSLA) — entre um consumidor e um provedor individual ou coligado.

### 1.2 Problema

O desafio consiste no desenvolvimento de um sistema que permita renegociar os contratos bSLA entre as empresas e a plataforma. O bSLA define o valor da taxa de intermediação que a empresa deve pagar à plataforma por cada recurso transacionado (provido ou consumido) com sucesso. Assim, quando se aproxima o final do contrato de intermediação, a empresa, caso pretenda continuar a usufruir dos serviços da plataforma, deverá renegociar o respetivo bSLA. O cálculo da nova taxa de intermediação deverá levar em conta o comportamento da empresa

em termos do cumprimento dos SLA e do número de recursos transacionados na plataforma.

### 1.3 Motivação

Por um lado, a escolha do tema da dissertação de mestrado relaciona-se com o interesse pessoal em aprofundar o conhecimento de *Cloud Computing*, mais especificamente, ao nível da renegociação de contratos eletrónicos bSLA. Por outro lado, a grande diversidade de temas abrangidos nesta dissertação, que exigiu um elevado empenho e capacidade de trabalho, e o conjunto de objetivos bem definidos e claros, que permitiu planear e desenvolver o projeto de forma organizada e faseada foram uma motivação extra.

### 1.4 Objetivos

O principal objetivo desta tese é desenvolver um sistema de renegociação de contratos bSLA e envolveu a realização das seguintes tarefas:

- Estudo do estado da arte da *Cloud Computing*;
- Estudo de sistemas de negociação automática e, em particular, de (Re)Negociação de SLA;
- Desenvolvimento das fórmulas e estratégias da renegociação das taxas de intermediação;
- Realização e validação de testes;
- Escrita da dissertação.

### 1.5 Planeamento do Projeto

O gráfico de *Gantt Chart* apresentado na Figura 1.1 inclui as cinco etapas e tarefas ao qual o projeto foi dividido de forma a estabelecerem-se metas e prazos para a sua execução.

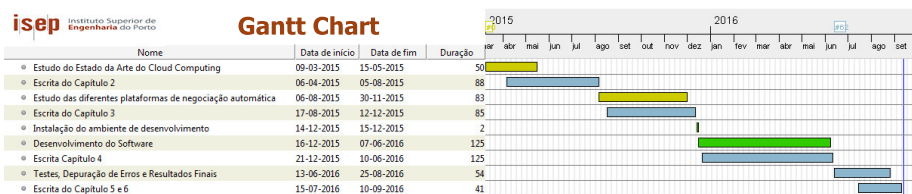


Figura 1.1: Gantt Chart.

Assim, o primeiro conjunto de tarefas consistiu em fazer um estudo do estado da arte da *Cloud Computing* que envolveu, por consequência, o estudo das características essenciais, dos modelos de implementação, dos modelos de serviço, da arquitetura da nuvem e, por fim, o estudo da virtualização. Na segunda tarefa, foi realizada uma análise sobre as diferentes plataformas de (re)negociação automática. A terceira tarefa teve como objetivo instalar, preparar e explorar as ferramentas de trabalho a utilizar. A quarta tarefa, que é a mais prolongada, consistiu no desenvolvimento do *software*. Na quinta tarefa, testou-se e depurou-se o sistema e analisaram-se resultados. Em paralelo, no final de cada tarefa, efetuou-se a escrita do capítulo corresponde da dissertação.

## 1.6 Estrutura da Dissertação

A dissertação é composta por seis capítulos:

- Capítulo 1 de “Introdução” contextualiza e descreve o projeto;
- Capítulo 2 sobre “*Cloud Computing*” aborda os conceitos fundamentais da tecnologia de *Cloud Computing*, incluindo a sua definição, as características essenciais, os modelos de implementação e de serviço, a arquitetura da nuvem e as tecnologias de virtualização;
- Capítulo 3 sobre “Plataformas de Negociação Automática” apresenta o estado da arte dos sistemas de negociação automática mais representativos – AuctionBot, Fishmarket, Kasbah e o Tete-a-Tete – de alguns sistemas congêneres de (re)negociação de SLA e uma análise comparativa das suas principais características;
- Capítulo 4 descreve a plataforma CloudAnchor e o mecanismo de renegociação de contratos de intermediação desenvolvido;
- Capítulo 5 de “Testes e Resultados” reporta o conjunto de testes efetuados e analisa os resultados;
- Capítulo 6 das “Conclusões”, apresenta as principais conclusões e as perspectivas de desenvolvimento futuro deste trabalho.



## Capítulo 2

---

# Cloud Computing

---

*Este capítulo apresenta a definição, as características, os modelos de implementação e de serviço, a arquitetura, bem como os tipos de virtualização do paradigma Cloud Computing.*

### 2.1 Definição

*Cloud Computing* é um paradigma de computação relativamente recente no qual os recursos dinamicamente escaláveis e virtualizados são fornecidos como um serviço através da Internet. Com a tecnologia de *Cloud Computing*, os clientes/utilizadores podem utilizar uma panóplia de dispositivos, incluindo *laptops*, *Personal Computer* (PC), *smartphones*, *Personal Digital Assistant* (PDA), etc, para aceder a programas, armazenamento e aplicações em nuvem. Estes serviços são oferecidos por provedores de serviços que trabalham na nuvem. As vantagens da nuvem são [2]:

- Custos baixos;
- Alta disponibilidade dos serviços;
- Fácil *upgrade*.

Para alguns, este novo modelo de computação é apenas um novo nome para iniciativas já realizadas no passado, como o *outsourcing* (obter recursos computacionais de terceiros) e *Grid Computing*, que pode ser definido como uma rede de computadores ligados por baixo acoplamento. Para outros, *Cloud Computing* é uma evolução natural da convergência de várias tecnologias e conceitos, bem

como a própria *Grid*, mais o conceito *Utility Computing* (serviços computacionais comercializados como serviços utilitários, como gás, energia elétrica, etc), virtualização e *Autonomic Computing*, sistemas capazes de gerir e corrigir autonomamente problemas e falhas, acrescidos de tecnologias e tendências como *WEB 2.0*, *Service Oriented Architecture* () e o modelo de *Software* como Serviço (*Software as a Service* – (SaaS)) [3].

Na Figura 2.1 estão representadas todas as fases que originaram o *Cloud Computing*.

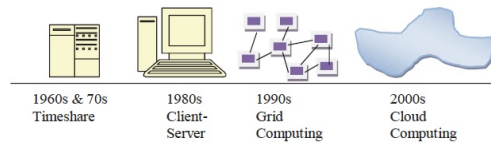


Figura 2.1: Evolução do *Cloud Computing* [4].

Contudo, pode afirmar-se que a tecnologia *Cloud Computing*, ainda se encontra numa fase embrionária, visto que possui várias abordagens de desenvolvimento. Assim, apesar da definição do conceito estar em constante evolução, serão apresentadas algumas definições presentes na literatura que estão relacionadas com o problema apresentado nesta dissertação.

Com efeito, o grupo *Gartner* (2008) [5] definiu *Cloud Computing* como sendo um modelo de computação em que as capacidades relacionadas com Tecnologias da Informação (TI) são escaláveis e elásticas, sendo que as mesmas são providas como serviços para os vários clientes externos através da Internet.

*Fox et al.* (2009) [6] providencia uma definição que considera as características de *hardware*, em que *Cloud Computing* é definido como um paradigma que cria uma ilusão de recursos infinitos, que estarão disponíveis sempre que houver necessidade. Os autores salientam que são necessários poucos investimentos iniciais em infraestrutura e existe a possibilidade de contratação de recursos computacionais por curtos prazos.

De acordo com *Buyya et al.* (2008) [7] uma nuvem (*Cloud*) é um tipo de sistema paralelo e distribuído que consiste numa coletânea de computadores virtualizados e interligados que são provisionados de forma dinâmica e apresentados como um ou mais recursos computacionais unificados. Estes recursos são disponibilizados e controlados através de acordos relacionados com os serviços estabelecidos entre um fornecedor e um cliente, sendo definidos a partir de negociações entre as partes.

Para *Sousa et al.* (2009) [8], o termo nuvem está a tornar-se uma das palavras-chave da indústria da TI. A nuvem é uma metáfora para a Internet ou infraestrut-

tura de comunicação entre os componentes arquiteturais, baseada numa abstração que oculta a complexidade de infraestrutura. Cada parte desta infraestrutura é provida como um serviço, e estes serviços são normalmente alocados em *data centres*, utilizando *hardware* compartilhado para computação e armazenamento.

Para *David Mitchell Smith* (2008) [5], vice-presidente do grupo Gartner, o termo *Cloud Computing* passou a significar duas coisas diferentes: um uso mais amplo que se concentra na nuvem, e uma utilização mais focada na infraestrutura do sistema de virtualização.

Por último, o National Institute of Standards and Technology (NIST) (2011) [9] dos Estados Unidos da América (EUA) descreve *Cloud Computing* como um modelo de acesso a um conjunto de recursos computacionais compartilhados e configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser libertados rapidamente, e, por consequência, o esforço de gestão e interação com o provedor dos serviços é mínimo. Este modelo contém cinco características essenciais: (i) Agrupamento de Recursos; (ii) *Self-Service* por pedido; (iii) Amplo Acesso à Rede; (iv) Elasticidade Rápida; e (v) Serviços Mensuráveis; três modelos de serviço: (i) *Infrastructure as a service* (IaaS); (ii) *Platform as a Service* (PaaS); (iii) *Software as a Service* (SaaS); e quatro modelos de implementação: (i) Nuvem Privada; (ii) Nuvem Pública; (iii) Nuvem Comunitária; e (iv) Nuvem Híbrida).

Assim, podem resumir-se algumas das características principais da infraestrutura:

- *Cloud Computing* cria uma ilusão de disponibilidade de recursos infinitos;
- *Cloud Computing* elimina a necessidade de adquirir e disponibilizar recursos antecipadamente;
- *Cloud Computing* oferece elasticidade, permitindo que as empresas usem os recursos na quantidade necessária, aumentando e diminuindo a capacidade computacional de forma dinâmica;
- Pagamento dos serviços em nuvem, estabelecido de acordo com a quantidade de recursos utilizados (*pay-per-use*).

Perante o estudo efetuado sobre a definição e respetivas características do *Cloud Computing*, nesta dissertação utilizar-se-á a descrição apresentada pelo NIST devido ao detalhe fornecido em termos de características essenciais, modelos de serviço ou implementação e virtualização de recursos.

## 2.2 Características Essenciais

Devido à falta de padronização e consensos sobre a *Cloud Computing*, as características que definem a nuvem variam entre todas as partes interessadas. A fim de promover a simplificação e padronização, o NIST identifica cinco principais características essenciais como ilustra a Figura 2.2.

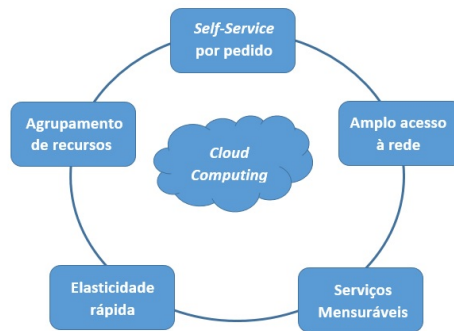


Figura 2.2: Características Essenciais da *Cloud Computing*

Estas características serão descritas nas seções seguintes.

### 2.2.1 Self-Service a Pedido

O consumidor da nuvem pode usar os recursos do serviço de computação em nuvem contratados (por exemplo, sistemas e recursos de rede) conforme necessário, sem interação humana entre o consumidor e o provedor de nuvem através de um formulário de pedido. Os recursos podem ser controlados através de uma interface *user-friendly* de atendimento automático, *i.e.*, uma *Web page dashboard* ou consola *Command Line Interface* (CLI) proporcionando meios eficazes para gerir as ofertas de serviço e promover a economia de custos para o consumidor e o provedor da nuvem.

### 2.2.2 Amplo Acesso à Rede

O acesso aos recursos alojados na nuvem processa-se através de redes privadas, por exemplo, em implementações de nuvens privadas ou comunitárias, ou através da Internet, por exemplo, as nuvens públicas, estando acessíveis por meio de mecanismos padrão. Portanto, o amplo acesso à rede oferece independência da plataforma, dado que os serviços podem ser acedidos a partir de todos os tipos de sistemas operacionais e de diferentes tipos de plataformas de computação, por exemplo, *desktops*, *tablets* ou *smartphones*. Este recurso fornece acesso aos recursos (principalmente no cenário de nuvem pública) a partir de uma grande variedade de locais, desde que tenha acesso à Internet. Assim sendo, a nuvem seria

um ponto de acesso centralizado para as necessidades computacionais dos seus utilizadores, estando disponível 24h por dia e em qualquer localização geográfica.

### 2.2.3 Agrupamento de Recursos

Os recursos agrupados pelo provedor da nuvem são atribuídos e transferidos para atender a vários consumidores num modelo *multi-tenant*. Estes sistemas físicos e virtuais são atribuídos ou alocados de uma forma dinâmica conforme as necessidades do consumidor. Os recursos podem estar fisicamente localizados em muitos locais geográficos e são atribuídos como componentes virtuais do serviço conforme eles vão sendo solicitados, criando uma sensação de independência da localização em que o cliente em geral não tem qualquer controlo ou o conhecimento sobre a localização exata dos recursos disponibilizados.

### 2.2.4 Elasticidade Rápida

A Elasticidade Rápida, ou *Rapid Elasticity*, refere-se à capacidade da nuvem de expandir ou reduzir os recursos com rapidez e eficiência, cumprindo as exigências do *Self-Service* por pedido da *Cloud Computing*. Através do amplo acesso à rede diversas infraestruturas de computação podem cooperar para alocar esses recursos (por exemplo, federação de nuvens numa nuvem híbrida ou num cenário de nuvem comunitária), manualmente ou automaticamente, transparecendo para o consumidor que os recursos disponíveis para uso são ilimitados e podem ser adquiridos em qualquer quantidade e a qualquer momento. A virtualização ajuda na característica de elasticidade rápida na *Cloud Computing*, uma vez que cria várias instâncias dos recursos requisitados, utilizando apenas um único recurso real. Estes recursos são, normalmente, negociados entre os provedores da nuvem e os consumidores através de um *Service Level Agreement* (SLA). Neste tipo de contrato, o fornecedor negocia com o cliente o tempo de resposta para o fornecimento dos recursos, a fim de responder às suas necessidades imediatas, bem como as sanções em caso de não cumprimento das cláusulas contratuais negociadas.

### 2.2.5 Serviços Mensuráveis

Os sistemas em nuvem, de forma automática, controlam e otimizam o uso de recursos por meio da capacidade de medição. O uso de recursos pode ser monitorizado e controlado, possibilitando transparência para o provedor e para o consumidor do serviço que é alocado ou consumido [8] [10]. Para garantir a *Quality of Service* (QoS), pode utilizar-se a abordagem baseada em níveis de SLA. O SLA fornece informações sobre os níveis de disponibilidade, funcionalidade, desempenho ou outros atributos do serviço, como a utilização, e até mesmo penalizações em caso de violação destes níveis.

## 2.3 Modelos de Implementação

Os Modelos de Implementação são definidos como as diferentes formas como uma nuvem pode ser implementada. Estes modelos são totalmente centrados nos utilizadores, ou seja, dependem da exigência e dos interesses dos mesmos. A classificação da nuvem é baseada em vários parâmetros, tais como o tamanho (número de recursos), o tipo de provedor de serviços, localização, o tipo de utilizadores, a segurança e outras questões.

Como mencionado anteriormente, o NIST [9], identifica quatro modelos de implementação diferentes para *Cloud Computing*: (i) nuvens privadas; (ii) nuvens comunitárias; (iii) nuvens públicas; e, (iv) nuvens híbridas. Estes quatro modelos de implementação de nuvem são analisados em pormenor nas secções subsequentes.

### 2.3.1 Nuvem Privada

De acordo com o *NIST* (2011) [9], a nuvem privada pode ser definida como a infraestrutura de uma nuvem que está direcionada para uso exclusivo de uma única organização que compreende vários consumidores. É propriedade ou alugada por uma única organização, sendo exclusivamente operada pela mesma. Pode ser gerida pela organização ou por um terceiro, e pode existir no local ou remotamente. Também são empregues políticas de acesso aos serviços (configurações dos provedores de serviços, tecnologias de autenticação e autorização). A nuvem privada, em termos simples, é o ambiente de nuvem criado por uma única organização/empresa.

#### 2.3.1.1 Características

A nuvem privada apresenta certas características, como [11]:

- **Segurança:** A nuvem privada é segura. Isso ocorre porque, geralmente, é implementada e gerida pela própria organização e, portanto, há menos hipóteses de os dados saírem da nuvem. No caso da nuvem *outsourced*, o provedor de serviços pode visualizar a nuvem (embora regido por SLA), mas não há qualquer risco de outro utilizador entrar, uma vez que todos os utilizadores pertencem à mesma organização;
- **SLA Fracos:** SLA podem ou não existir numa nuvem privada. Mas, se eles existirem, são fracos, pois é entre a organização e os utilizadores da mesma.

### 2.3.1.2 Adequação

De seguida, são apresentadas as condições mais adequadas e o meio ambiente onde estes modelos de nuvem podem ser implementados:

- Em organizações ou empresas que necessitem de uma nuvem separada para uso pessoal ou oficial;
- Em organizações ou empresas que considerem a segurança dos dados importante;
- Em organizações que desejem autonomia e controlo completo sobre a nuvem;
- Em organizações que tenham um número reduzido de utilizadores;
- Em organizações que possuam infraestrutura pré-construída para implementação da nuvem e estejam prontas para a sua manutenção periódica tendo em vista um funcionamento eficiente.

Contudo, a implementação da nuvem privada não é adequada para as organizações que:

- Tenham muitos utilizadores;
- Tenham restrições financeiras;
- Não tenham infraestrutura pré-construída;
- Não tenham recursos humanos suficientes para gerir e manter a nuvem.

### 2.3.1.3 Tipos de implementação

Assim sendo, de acordo com o *NIST* (2011) [12], a nuvem privada pode ser classificada em dois tipos, com base na sua localização e gestão:

- *On-premise private Cloud*;
- *Outsourced private Cloud*.

A Figura 2.3 representa uma nuvem privada *on-premise* [12]:

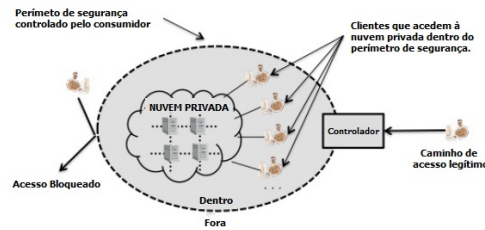


Figura 2.3: *On-premise private Cloud* [12]

A *On-premise private Cloud* é uma nuvem privada típica, gerida e controlada por uma única organização. Aqui, a nuvem privada é implementada no local da organização e está ligada à rede organizacional. Os clientes podem aceder-lhe a partir de dentro do perímetro de segurança ou fora do perímetro através de um controlador composto por *firewalls* e conexões de *Virtual Private Network* (VPN).

A *Outsourced Private Cloud* também é uma nuvem privada, mas, ao invés da anterior, possui uma nuvem *Outsourced* que se encontra fora da nuvem privada. O provedor da nuvem vende os seus serviços de infraestrutura para a nuvem do consumidor. Neste caso, a infraestrutura física pertence ao provedor da nuvem, que é responsável pela sua gestão, mas o serviço prestado deve seguir os parâmetros celebrados pelo SLA entre as duas partes em matéria de segurança, gestão e outras políticas que dizem respeito à nuvem do consumidor.

Assim, como representado Figura 2.4, a nuvem privada *Outsourced* tem dois perímetros de segurança ligados por uma conexão de comunicação protegida: um implementado pelo provedor da nuvem (esquerda) e outro implementado por um consumidor de nuvem (direita).

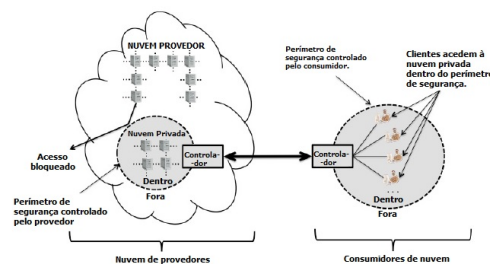


Figura 2.4: *Outsourced private Cloud* [12]

O provedor da nuvem é responsável por fazer valer o seu perímetro de segurança e separar os recursos da nuvem privada dos outros recursos da nuvem que estão fora do perímetro de segurança. Dependendo dos requisitos de segurança

do consumidor, diferentes mecanismos, tais como *Virtual Local Area Network* (VLAN), VPN, segmentos de rede ou *clusters* podem ser aplicados.

Este tipo de nuvem, tal como as restantes, apresenta vantagens e desvantagens.

#### 2.3.1.4 Vantagens

- Nuvem de dimensões reduzidas;
- Fácil manutenção;
- Oferece um elevado nível de segurança e privacidade ao utilizador;
- É controlada pela organização.

#### 2.3.1.5 Desvantagens

- Para a nuvem privada, o orçamento é uma restrição;
- Possuem SLA fracos.

Em suma, a nuvem privada, em termos simples, é um ambiente de nuvem criado por uma única empresa. É pequena em tamanho, em comparação com outros modelos. Aqui, a nuvem é implementada e mantida pelas próprias empresas. Este tipo de nuvem pode ser implementada usando ferramentas *open-source*, como *OpenStack* [13] e *Eucalyptus* [14].

### 2.3.2 Nuvem Pública

No modelo público, a nuvem é disponibilizada para o público em geral ou para grandes grupos industriais através de uma rede pública. A infraestrutura da nuvem pode ser propriedade e administrada por uma empresa, uma organização académica ou governamental. A nuvem é implementada por um provedor de serviços que deve ser capaz de garantir o desempenho e a sua segurança.

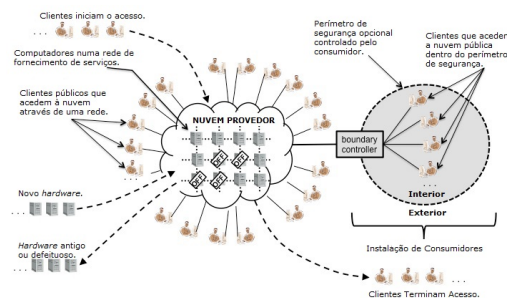


Figura 2.5: Nuvem Pública [12]

Numa nuvem pública, a gestão de segurança, a manutenção da infraestrutura e outras operações são relegados para o provedor da nuvem, como ilustrado na Figura 2.5. As aplicações de diversos clientes ficam misturadas nos sistemas de armazenamento, o que pode parecer ineficiente a princípio. Porém, se a implementação da nuvem considera questões fundamentais, como desempenho e segurança, a existência de outras aplicações a serem executadas na mesma nuvem permanece tanto para os fornecedores de serviços como para os clientes.

### 2.3.2.1 Características

Este tipo de nuvem apresenta características como:

- **Elevado Escalamento:** Os recursos da nuvem pública são em grande número e os provedores de serviços devem certificar-se de que todos os pedidos são concedidos;
- **Acessível:** A nuvem pública é oferecida ao público em modo *pay-as-you-go*, ou seja, o utilizador tem de pagar apenas pelo que utilizou. Aqui, não há custos relacionados com a implementação;
- **Pouca Segurança:** A nuvem pública é a menos segura de todos os quatros tipos de implementação. Embora os SLA garantam uma segurança extra, ainda assim há um nível de insegurança superior em relação aos demais;
- **Elevada Disponibilidade:** A nuvem pública tem uma elevada disponibilidade, visto que, em qualquer parte do mundo pode-se aceder à nuvem com a devida permissão. Isto não é possível noutros modelos;
- **SLA rigorosos:** O SLA é muito rigoroso no caso da nuvem pública. Como a reputação empresarial do provedor de serviços e a força do cliente são totalmente dependentes dos serviços de nuvem, eles seguem, estritamente, os SLA para evitarem violações no contrato.

### 2.3.2.2 Adequação

Existem várias ocasiões e ambientes em que a nuvem pública é adequada. Assim, este tipo de nuvem, pode ser usado sempre que se aplique o seguinte:

- Uma grande exigência de recursos, isto é, há uma grande base de utilizadores;
- Quando a exigência de recursos é variável;
- Quando não há infraestrutura física disponível;

- Quando uma organização tem restrições financeiras.

Por outro lado, a nuvem publica não é adequada nas seguintes condições:

- A segurança é muito importante;
- A organização espera autonomia;
- Confiabilidade a terceiros não é o preferido.

Este tipo de nuvem, tal como as restantes, apresenta vantagens e desvantagens. De seguida, são apresentadas as vantagens e desvantagens encontradas.

#### 2.3.2.3 Vantagens

- Não há necessidade de criação de infraestrutura para criação da nuvem;
- São relativamente mais baratas do que os restantes modelos de nuvem;
- SLA rigorosos;
- Não há limite para o número de utilizadores;
- A nuvem pública tem uma grande escalabilidade.

#### 2.3.2.4 Desvantagens

- A segurança é um problema;
- Privacidade e autonomia organizacional não são possíveis.

Em jeito de conclusão, a infraestrutura da nuvem é disponibilizada para o público em geral, sendo acedida por qualquer cliente que conheça a localização do serviço. Neste modelo de implementação, não podem ser aplicadas restrições de acesso quanto à gestão de redes. Alguns exemplos bem conhecidos de nuvem pública são *Amazon AWS* [15] e *Microsoft Azure* [16].

### 2.3.3 Nuvem Comunitária

A infraestrutura da nuvem comunitária é partilhada por diversas organizações que normalmente possuem interesses comuns, como requisitos de segurança, políticas, aspetos de flexibilidade e/ou compatibilidade. O uso de uma nuvem comunitária pode ajudar a reduzir os custos das organizações, em comparação com a aplicação de nuvens privadas individuais, uma vez que os custos são suportados e partilhados por um grupo maior.

À semelhança das nuvens privadas, a nuvem comunitária pode ser gerida pelas organizações ou por terceiros, e pode ser executada nas instalações do cliente (*On-premise community cloud*) ou por uma empresa de alojamento (*Outsourced community cloud*).

A Figura 2.6 apresenta um exemplo de uma *On-premise community cloud*. A nuvem comunitária representada é composta por um conjunto de organizações participantes. Cada um deles pode fornecer serviços de infraestrutura de nuvem, consumir serviços em nuvem ou ambos.

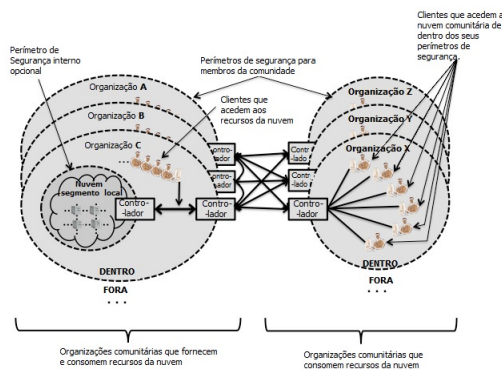


Figura 2.6: *On-premise community cloud* [12]

Na Figura 2.6, as organizações que prestam serviços estão à esquerda e as que consomem serviços de nuvem estão à direita. As redes das organizações internas são separadas das redes de fora por um perímetro de segurança, como no cenário de uma nuvem privada *on-premises*. A comunicação dentro da comunidade, ou seja, entre as organizações que prestam serviços e os que consomem, são feitas através de um controlador para cada organização. Opcionalmente, as organizações podem proteger a infraestrutura de nuvem a partir de outros recursos de computação com outra camada de perímetro de segurança.

Na nuvem comunitária *Outsourced*, as organizações de uma comunidade só consomem recursos da nuvem. Como a Figura 2.7 ilustra, a infraestrutura da nuvem é fornecida por um terceiro, com condições idênticas às descritas no cenário de nuvem privada *outsourced*, ou seja, os provedores de serviços são especificados por acordos de SLA. As organizações comunitárias acedem aos recursos da nuvem dentro de um perímetro de segurança através do controlador e a comunicação entre o provedor e os consumidores é feita através de um *link* de segurança entre o provedor da nuvem e organizações da comunidade.

### 2.3.3.1 Características

Este tipo de nuvem apresenta as seguintes características:

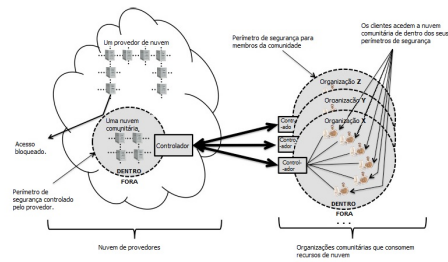


Figura 2.7: *Outsourced community cloud* [12]

- **Manutenção colaborativa e distribuída:** A nuvem comunitária é totalmente colaborativa, e normalmente nenhuma organização tem total controlo sobre ela (em alguns casos, pode ser controlada por uma das partes). Esta é normalmente distribuída e, portanto, uma melhor cooperação dá origem a melhores resultados;
- **Parcialmente segura:** Parcialmente segura refere-se à propriedade da nuvem comunitária onde poucas organizações compartilham a nuvem, existindo, assim, uma possibilidade de os dados passarem de uma organização para outra;
- **Custo Rentável:** A nuvem comunitária é rentável, uma vez que é compartilhada por várias organizações ou uma comunidade. Normalmente, não apenas custos, mas todas as outras responsabilidades compartilháveis são compartilhadas ou divididas entre os grupos.

### 2.3.3.2 Adequação

Este tipo de nuvem é adequado para organizações que:

- Querem estabelecer uma nuvem privada, mas têm restrição financeira;
- Não querem responsabilidades de manutenção;
- Querem estabelecer a nuvem, a fim de colaborar com outras nuvens;
- Querem ter uma nuvem de colaboração com mais recursos de segurança do que a nuvem pública.

Esta nuvem não é adequada para organizações que:

- Preferem autonomia e controlo sobre a nuvem;
- Não querem colaborar com outras organizações.

Tal como nos modelos anteriores, vão ser agora analisadas as vantagens e desvantagens deste tipo de nuvem.

### 2.3.3.3 Vantagens

- Tem mais segurança que a nuvem pública;
- Permite estabelecer um custo mais baixo que a nuvem privada;
- Permite trabalho colaborativo na nuvem.

### 2.3.3.4 Desvantagens

- A autonomia da organização é perdida;
- Não é apropriada se não houver colaboração.

## 2.3.4 Nuvem Híbrida

A nuvem híbrida pode ser definida como a infraestrutura de nuvem que é composta por duas ou mais infraestruturas distintas de nuvem (privada, comunitária ou pública) que permanecem entidades únicas, ligadas por uma tecnologia padronizada ou proprietária que permite a portabilidade de dados e aplicações [10].

A nuvem híbrida é geralmente uma combinação de nuvens públicas e privadas, tendo como objetivo a combinação das vantagens. O método usual para se usar a nuvem híbrida é ter uma nuvem privada, inicialmente, e, em seguida, para obter-se recursos adicionais, a nuvem pública é usada. Existem várias vantagens da nuvem híbrida. A nuvem híbrida pode ser considerada como uma nuvem privada estendida para a nuvem pública. O objetivo é utilizar o poder da nuvem pública, retendo as propriedades da nuvem privada.

A Figura 2.8 apresenta uma visão simples de uma nuvem híbrida que é resultado da combinação de um conjunto de nuvens.

Um dos exemplos mais populares para a nuvem híbrida é o *Eucalyptus* [14]. O *Eucalyptus* foi inicialmente projetado para uma nuvem privada, porém agora também suporta a nuvem híbrida.

À semelhança dos modelos de implementação anteriores, também, neste serão apresentadas as características, adequação, vantagens e desvantagens.

### 2.3.4.1 Características

- *Escalável*: A nuvem híbrida é uma combinação de um ou mais modelos de implementação. Normalmente, a nuvem híbrida é constituída por nuvem privada e nuvem pública. A principal razão de se ter uma nuvem híbrida é

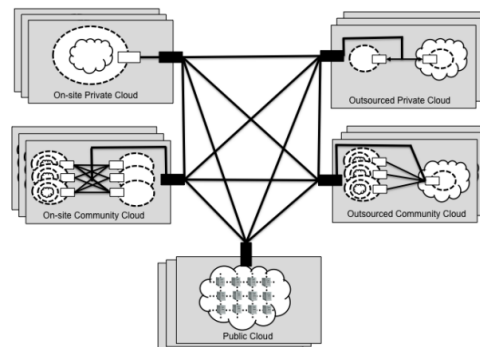


Figura 2.8: Representação Nuvem híbrida [12]

usar a propriedade de uma nuvem pública com ambiente de nuvem privada. A nuvem pública é usada sempre que necessário. Assim, como a nuvem pública é escalável, a nuvem híbrida, com a ajuda da sua contraparte pública, também é escalável;

- **Parcialmente Segura:** A nuvem híbrida é geralmente uma combinação de nuvem pública e privada. A nuvem privada é considerada segura, mas como a nuvem híbrida também usa a nuvem pública, há alto risco de violação de segurança. Assim, não pode ser totalmente denominada como segura, mas como parcialmente segura;
- **SLA rigorosos:** Como a nuvem híbrida envolve uma intervenção da nuvem pública, os SLA são rigorosos e o seu poder está de acordo com o provedor de serviços da nuvem pública;
- **Nuvem de gestão complexa:** A nuvem de gestão é complexa e é uma tarefa difícil na nuvem híbrida, pois envolve mais do que um tipo de modelos de implementação e o número de utilizadores é elevado.

#### 2.3.4.2 Adequação

Este tipo de nuvem é adequado para :

- As organizações que desejam o ambiente de nuvem privada com a escalabilidade da nuvem pública;
- As organizações que requerem mais segurança do que a nuvem pública.

Esta nuvem não é adequada para:

- As organizações que consideram a segurança como um dos objetivos principais;

- As organizações que não são capazes de gerir a nuvem híbrida.

De seguida, são descritas as vantagens e desvantagens deste tipo de nuvem.

#### 2.3.4.3 Vantagens

- É altamente escalável;
- Fornece maior segurança do que a nuvem pública;
- Oferece poderes da nuvem pública e privada.

#### 2.3.4.4 Desvantagens

- A gestão da nuvem híbrida é complexa;
- Possui SLA rigorosos.

## 2.4 Modelos de Serviço

O *Cloud Computing* permite que *hardware* e *software* sejam entregues como serviços. Neste contexto, o termo serviço é usado para refletir o facto de serem fornecidos por pedido e pagos com base no *utility computing*. Como a *Cloud Computing* tem evoluído, diferentes provedores oferecem nuvens que têm diferentes serviços associados.

Assim, a computação em nuvem é dividida em três grandes classes, de acordo com o nível de abstração dos recursos fornecidos, também conhecidos como modelos de serviço, a saber: *Software as a Service* (SaaS), *Platform as a Service* (PaaS) e *Infrastructure as a Service* (IaaS). Estas três classes de serviço também são conhecidas como modelo SPI e encontra-se ilustrado na Figura 2.9

Estes são os principais modelos. Contudo, existem diversos outros tipos de produtos oferecidos “como serviço”, o que levou alguns autores a usar, mais recentemente, o termo *Anything as a Service* (XaaS).

### 2.4.1 Infrastructure as a Service

Quando se fala em *Cloud*, está-se a falar em abstração de recursos. Como se pode verificar na Figura 2.9, a IaaS é o primeiro nível de abstração, sendo a parte responsável por fornecer toda a infraestrutura necessária para a PaaS e o SaaS.

Com efeito, O termo IaaS refere-se a uma infraestrutura computacional baseada em técnicas de virtualização de recursos de computação. Esta infraestrutura pode escalar dinamicamente, aumentando ou diminuindo os recursos de acordo com as necessidades das aplicações. Do ponto de vista económico, é ideal, uma

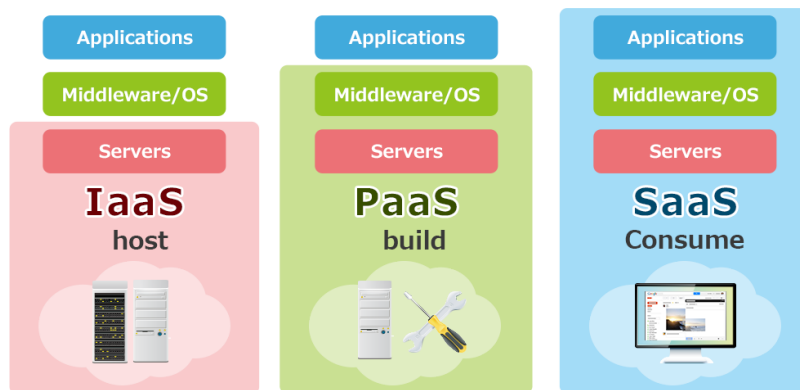


Figura 2.9: Modelo SPI [17]

vez que, ao invés de se comprar novos servidores e equipamentos de rede para a ampliação de serviços (infraestrutura tradicional), pode-se aproveitar os recursos disponíveis e adicionar novos servidores virtuais à infraestrutura existente, de forma dinâmica.

Além disso, IaaS é composto por plataformas de desenvolvimento, teste, implementação e execução de aplicações proprietárias. O principal objetivo é tornar mais fácil e acessível o fornecimento de recursos, como servidores, redes, armazenamento e outros que são fundamentais na construção de um ambiente por pedido podendo ser tanto sistema operacional como aplicações.

Os consumidores vão utilizar os recursos da infraestrutura na forma de Virtual Machine (VM). Estes, podem criar infraestruturas virtuais, rede, balanceadores de carga, etc., com base nas suas necessidades. Também, não têm a necessidade de manter os servidores físicos, visto que, estes são mantidos pelo provedor de serviços. Um provedor IaaS pode proporcionar os seguintes serviços:

- **Computação:** *Compute as a Service* inclui unidades virtuais de *Central processing unit* (CPU) e memória virtual para as VM que são providos para os consumidores finais;
- **Armazenamento:** *Storage as a Service* (STaaS) fornece armazenamento *back-end* para as imagens de VM;
- **Rede:** *Network as a Service* (NaaS) fornece componentes de rede virtuais, como *routers* virtuais, *switch* e pontes para a VM;
- **Balanceamento de Carga:** *Load Balancing as a Service* pode fornecer capacidade de balanceamento de carga na camada de infraestrutura.

### 2.4.1.1 Características do Modelo IaaS

Os provedores de IaaS oferecem recursos de computação virtual para os consumidores numa base *pay-as-you-go*. Incluem as características essenciais da *Cloud Computing*, tais como *Self-Service* por pedido, amplo acesso à rede, agrupamento de recursos, elasticidade rápida e serviços mensuráveis. Além de tudo isso, IaaS tem as suas próprias características, únicas, da seguinte forma:

- **Acesso à Web para os recursos:** O modelo de IaaS permite que os utilizadores da TI acessem aos recursos da infraestrutura através da Internet. O utilizador não necessita de ter acesso físico aos servidores. Através de quaisquer navegadores *web* ou CLI, os utilizadores podem aceder à infraestrutura necessária;
- **Gestão Centralizada:** Mesmo que os recursos físicos sejam distribuídos, a gestão será a partir de um único local. Os recursos distribuídos em diferentes partes podem ser controlados a partir da CLI. Isso garante uma gestão e utilização eficaz de recursos;
- **Infraestrutura compartilhada:** A IaaS segue um modelo de entrega de um-para-muitos e permite que vários utilizadores de TI partilhem a mesma infraestrutura física. Aos diferentes utilizadores de TI serão dados diferentes VM;
- **VM pré-configuradas:** Provedores de IaaS oferecem VM pré-configuradas com sistemas operacionais, configuração de rede, etc. Os utilizadores de TI podem selecionar qualquer tipo de VM à sua escolha. Eles, são livres para configurar VM a partir do zero, podendo usar a VM assim que aderirem aos serviços;
- **Serviços Mensuráveis:** IaaS permite que os utilizadores de TI aluguem os recursos de computação em vez de os comprarem. Os serviços consumidos pelos utilizadores serão medidos e aos utilizadores serão cobrados pelos provedores de IaaS com base na quantidade de uso.

### 2.4.1.2 Prós e Contras do Modelo IaaS

Sendo um dos modelos de serviço mais importantes, IaaS fornece uma série de benefícios aos utilizadores de TI mas também contras. A seguir são apresentados os benefícios proporcionados por IaaS:

- **Modo de pagamento *Pay-as-you-use*:** Os serviços de IaaS são fornecidos aos clientes numa base de *pay-per-use*. Isso garante que os clientes são obrigados a pagar apenas o que usaram;

- **Reduzido *Total Cost of Ownership* (TCO):** Dado que os fornecedores de IaaS permitam que os utilizadores de TI possam alugar os recursos de computação, eles não necessitam de comprar *hardware* físico para a execução dos seus negócios. Os utilizadores de TI podem alugar a infraestrutura de TI, em vez de despendere grandes quantidades monetárias na sua aquisição. A IaaS reduz a necessidade de compra de recursos de *hardware* e, assim, reduz o TCO;
- **Recursos Elásticos:** IaaS fornece recursos com base nas necessidades atuais. Utilizadores de TI podem ampliar ou reduzir os recursos sempre que quiserem. Este escalonamento dinâmico é feito automaticamente usando alguns balanceadores de carga. Estes, transferem a solicitação de recursos adicionais para um novo servidor e melhora a eficiência da aplicação;
- **Melhor Utilização de recursos:** A utilização de recursos é o critério mais importante para ter sucesso no negócio da TI. A infraestrutura de compra deve ser utilizada adequadamente para aumentar a *Return of Investment* (ROI). IaaS garante uma melhor utilização dos recursos e oferece alto retorno do investimento para os provedores de IaaS;
- **Suporta TI verde:** Nas infraestruturas de TI tradicionais, servidores dedicados eram usados para diferentes necessidades de negócio. Dado que muitos servidores eram usados, o consumo de energia seria elevado, logo não resultaria numa TI verde. Em IaaS, a necessidade de comprar servidores dedicados é eliminada com uma infraestrutura única que é compartilhada entre vários clientes, reduzindo assim o número de servidores a serem comprados e, conseqüentemente, o consumo de energia, resultando numa TI verde.

Apesar do IaaS proporcionar benefícios económicos a indústrias de pequena escala, o mesmo já não se pode afirmar ao nível de segurança dos dados. A seguir estão as desvantagens do IaaS:

- **Questões de Segurança:** Desde que IaaS utiliza a virtualização como tecnologia, os *hypervisors* desempenham um papel importante, havendo muitos ataques que os têm como alvo. Se os *hypervisors* ficam comprometidos, qualquer VM pode ser atacada facilmente. A maioria dos provedores de IaaS não são capazes de garantir segurança de 100% para as VM e os dados armazenados nas VM;
- **Problemas de Interoperabilidade:** Não existem normas comuns que sejam seguidas entre os diferentes provedores de IaaS. É muito difícil migrar qualquer VM de um provedor de IaaS para outro. Muitas das vezes, os clientes têm de enfrentar o problema *vendor lock-in*;

- **Problemas de desempenho:** IaaS é nada mais nada menos que a consolidação de recursos disponíveis a partir dos servidores da nuvem distribuídos. Aqui, todos os servidores disponíveis são conectados através da rede. A latência da rede desempenha um papel importante na decisão sobre o desempenho. Por causa de problemas de latência, às vezes, as VM apresentam problemas no seu desempenho.

### 2.4.1.3 Exemplos de Ferramentas IaaS

Os exemplos mais conhecidos de ferramentas IaaS são:

- O *Google Compute Engine* (GCE) [18], parte do *Google Cloud Platform*, permite ao utilizador iniciar máquinas virtuais por pedido. Cada VM é cobrada para um mínimo de 10 minutos, sendo seguido por incrementos de 1 minuto;
- O *Amazon Elastic Cloud Computing – EC2* [15] é um serviço *Web* que fornece capacidade de computação redimensionável na nuvem. Este altera a economia da computação ao permitir o pagamento somente pela capacidade que realmente utiliza. Fornece, aos programadores, as ferramentas para construir aplicações resistentes a falhas e isolá-los de situações de falha comuns;
- O *Eucalyptus* [14] é um sistema de infraestrutura para implementação de uma nuvem híbrida do tipo IaaS, em que é mantido e desenvolvido como um *software* de código aberto. Encontra-se disponível para *Linux* e possui uma interface compatível com a EC2.

### 2.4.2 Platform as a Service

PaaS altera a forma como o *software* é desenvolvido e implementado. No desenvolvimento de aplicações tradicionais, a aplicação era desenvolvida localmente e posteriormente alojada num local central. No desenvolvimento de aplicações *stand-alone*, as aplicações são desenvolvidas e entregues como ficheiros executáveis. A maioria das aplicações desenvolvidas por plataformas de desenvolvimento tradicionais resultavam num *software* baseado na concessão de licenças enquanto PaaS altera o desenvolvimento das aplicações da máquina local para modo *online*.

Assim sendo, o PaaS permite que os programadores desenvolvam a sua aplicação de forma *online* e também permite-lhes implementar a aplicação, imediatamente, na plataforma de desenvolvimento fornecida pelo provedor. Assim, os programadores estão isentos da gestão da plataforma de desenvolvimento e da infraestrutura subjacente. Aqui, os programadores são responsáveis por gerir a

aplicação implementada e configurar o ambiente de desenvolvimento. Os programadores podem acessar à plataforma através da Internet por meio da *web CLI*, *web UI* e IDE.

Consumidores ou programadores PaaS podem 'consumir' *tempos de execução de linguagem, frameworks*, bases de dados, *message queues*, ferramentas de teste e de implementação como um serviço através da Internet. Assim, reduz-se a complexidade de compra e manutenção de diferentes ferramentas para o desenvolvimento de uma aplicação. Provedores típicos de PaaS podem fornecer linguagens de programação, *frameworks*, bases de dados e outras ferramentas:

- **Linguagens de programação:** Provedores de PaaS fornecem uma grande variedade de linguagens de programação para os programadores poderem desenvolver as suas aplicações. Algumas dessas linguagens de programação fornecidas pelos provedores de PaaS são *Java, Perl, Hypertext Preprocessor (PHP), Python, Ruby, Scala, Clojure* e *Go*;
- **Frameworks:** Provedores de PaaS fornecem *frameworks* que simplificam o desenvolvimento das aplicações. Algumas das *frameworks* mais populares fornecidas pelos provedores de PaaS incluem Node.js [19], Rails [20], Drupal [21], Joomla [22], WordPress [23], Django [24], Java EE6 [25], Primavera [26], Play [27], Sinatra [28], Rack [29] e Zend [30];
- **Base de dados:** Provedores de PaaS fornecem bases de dados juntamente com as suas plataformas de PaaS. As bases de dados mais populares fornecidas pelos provedores de PaaS são: ClearDB [31], PostgreSQL [32], Cloudant [33], Membase [34], MongoDB [35] e Redis [36];
- **Outras ferramentas:** Provedores de PaaS podem fornecer todas as ferramentas necessárias para desenvolver, testar e implementar uma aplicação.

#### 2.4.2.1 Características do Modelo PaaS

Plataformas de desenvolvimento PaaS são diferentes das plataformas de desenvolvimento de aplicações tradicionais. De seguida, são apresentadas as características essenciais da plataforma PaaS:

- **Tudo em um:** A maioria dos provedores de PaaS oferecem serviços para desenvolver, testar, implementar, alojar, e manter aplicações no *Integrated Development Environment (IDE)* do mesmo. Adicionalmente, muitos provedores de serviços fornecem todas as linguagens de programação, *frameworks*, bases de dados e outros serviços relacionados com o desenvolvimento que permitem aos programadores a possibilidade de escolher entre uma grande variedade de plataformas de desenvolvimento;

- **Acesso *Web* para a plataforma de desenvolvimento:** Uma plataforma de desenvolvimento típica usa um qualquer IDE para desenvolvimento de aplicações. Normalmente, o IDE é instalado nas máquinas do programador. Mas, PaaS fornece acesso via *Web* para a plataforma de desenvolvimento. Através da utilização da interface *Web* do utilizador, qualquer programador pode obter acesso à plataforma de desenvolvimento. A interface do utilizador baseada na *Web* ajuda os programadores a criar, modificar, testar e implementar aplicações diferentes na mesma plataforma;
- **Acesso *Offline*:** Um programador pode não ser capaz de se conectar à Internet, mas consegue aceder aos serviços de PaaS. Quando não há nenhuma conectividade com os programadores devem ser capazes de trabalhar em modo *offline*. Os programadores podem desenvolver uma aplicação localmente e implantá-la de modo online sempre que estão conectados à Internet;
- **Plataforma colaborativa:** Hoje em dia, a equipa de programação é composta por programadores que estão a trabalhar a partir de diferentes locais. Há, assim, uma necessidade de uma plataforma comum, onde os programadores possam trabalhar de forma colaborativa no mesmo projeto. A maioria dos serviços da PaaS fornecem suporte para o desenvolvimento colaborativo. Para permitir a colaboração entre os programadores, a maioria dos provedores da PaaS fornecem ferramentas para o planeamento e comunicação do projeto;
- **Diversas ferramentas de cliente:** Para tornar o desenvolvimento mais fácil, os provedores da PaaS fornecem uma ampla variedade de ferramentas de cliente para ajudar o programador. As ferramentas de cliente incluem CLI, *Web CLI*, *Web User Interface (UI)*, *REpresentational State Transfer (REST) Application programming interface (API)* e IDE. Os programadores podem escolher qualquer ferramenta à sua escolha.

#### 2.4.2.2 Prós e Contras do Modelo PaaS

A principal vantagem de utilizar PaaS é que esconde a complexidade de manutenção da plataforma e da infraestrutura subjacente. Isso permite que os programadores trabalhem mais na implementação das funcionalidades importantes das aplicações. Para além disto, o PaaS tem os seguintes benefícios:

- **Rápido desenvolvimento e Implementação:** PaaS fornece todas as ferramentas de teste e desenvolvimento para desenvolver, testar e implementar o *software* num único lugar. A maior parte dos serviços PaaS automatiza o processo de teste e implementação, assim que o programador termina o que pretende;

- **Reduz o TCO:** Os programadores não necessitam de comprar licenças de programação nem ferramentas de teste quando os serviços PaaS são os selecionados. A maioria das plataformas de desenvolvimento tradicionais requer infraestruturas de alta qualidade para o seu trabalho, o que aumenta a TCO da empresa de desenvolvimento de aplicações. Mas, PaaS permite que os programadores aluguem *software*, plataformas de desenvolvimento, e testem ferramentas para desenvolver, construir e implementar a aplicação. O PaaS não exige infraestruturas de elevada qualidade para desenvolver a aplicação, reduzindo assim o TCO da empresa de programação;
- **Apoia o Desenvolvimento ágil de *Software*:** Hoje em dia, a maioria das aplicações da nova geração são desenvolvidas por meio da utilização de metodologias ágeis. Muitos *Independent Software Vendor* (ISV) e empresas de produção de SaaS começaram a adotar metodologias ágeis para o desenvolvimento de aplicações. Assim sendo, os serviços PaaS apoiam metodologias ágeis que os ISV e outras empresas de construção do *software* estão à procura;
- **Diferentes equipas podem trabalhar em conjunto\*\*:** A plataforma de desenvolvimento tradicional não tem suporte extensivo para desenvolvimento colaborativo. Serviços de PaaS apoiam os programadores de diferentes partes do mundo a trabalharem juntos no mesmo projeto. Isso é possível, devido à plataforma de desenvolvimento comum *online* fornecida por provedores PaaS;
- **Facilidade de Uso:** A plataforma de desenvolvimento tradicional utiliza qualquer um dos CLI ou interfaces para desenvolvimento baseado em IDE. Alguns programadores podem não estar familiarizados com as interfaces fornecidas pela plataforma de desenvolvimento tradicional. Mas PaaS oferece uma ampla variedade de ferramentas de cliente, tais como CLI, *web CLI*, *web UI*, API e IDE. Os programadores são livres de escolher qualquer uma das ferramentas de cliente;
- **Menos sobrecarga de manutenção:** Em aplicações *on-premise*, a empresa de desenvolvimento de *software* é responsável pela manutenção do *hardware* subjacente. Assim, necessitavam de recrutar técnicos qualificados para manter os servidores. Essa sobrecarga é eliminada pelos serviços PaaS, uma vez que a infraestrutura subjacente é mantida pelos fornecedores de infraestrutura. Isto dá liberdade para os programadores trabalharem no desenvolvimento das aplicações.

PaaS fornece uma série de benefícios aos programadores quando comparado com o ambiente de desenvolvimento tradicional. Por outro lado, contém inconvenientes, que são descritos no que se segue:

- **Vendor lock-in:** A principal desvantagem com provedores de PaaS é o *vendor lock-in.*, sendo originado pela falta de padrões, não existindo normas comuns seguidas entre os diferentes provedores de PaaS. A outra razão para o *vendor lock-in* é as tecnologias proprietárias utilizadas por provedores de PaaS. A maioria dos fornecedores de PaaS usa as tecnologias proprietárias que não sejam compatíveis com os outros provedores de PaaS. Este problema não permite que aplicações sejam migradas de um provedor de PaaS para o outro;
- **Questões de Segurança:** Como nos outros serviços em nuvem, a segurança é um dos principais problemas em serviços de PaaS. Como os dados são armazenados em servidores de terceiros (*off-premise*), muitos programadores têm receio de submeter o *software* nos serviços de PaaS. Claro que muitos provedores PaaS fornecem mecanismos para proteger os dados do utilizador. Contudo, não é suficiente para sentir a segurança de uma implementação local (*on-premise*). Ao selecionar o provedor de PaaS, o programador deve rever os regulamentos, conformidade e políticas de segurança do provedor PaaS com os seus próprios requisitos. Se não forem devidamente revistos, os programadores ou utilizadores estão a correr o risco de violação da segurança de dados;
- **Consoante a ligação à Internet:** Uma vez que os serviços de PaaS são acedidos através da Internet, os programadores dependem da conectividade a esta para desenvolver as suas aplicação. Mesmo que alguns fornecedores permitam o acesso *offline*, a maioria dos provedores de PaaS não permitem esse acesso. Com uma conexão lenta, a usabilidade e eficiência da plataforma PaaS não satisfazem os requisitos dos programadores.

### 2.4.2.3 Exemplos de Ferramentas PaaS

Como exemplos do Paas, podem citar-se:

- O **Google App Engine** [18], é uma plataforma que permite desenvolver, alojar e executar aplicações *web* na infraestrutura da *Google*;
- O **Amazon Web Services (AWS)**, da Amazon, oferece diversos componentes de PaaS para computação, armazenamento de dados públicos e privados, alojamento de um *site* dinâmico ou aplicação *Web*, análise de dados, etc;
- O **Windows Azure** [16] é uma plataforma informática em nuvem da *Microsoft*, com um conjunto cada vez maior de serviços integrados — análise, computação, bases de dados, dispositivos móveis, redes, armazenamento e

*Web* — tendo em vista uma rápida expansão, uma maior concretização de objetivos e uma poupança mais eficiente.

### 2.4.3 Software as a Service

SaaS muda a maneira como o *software* é fornecido aos clientes. No modelo tradicional, o mesmo era fornecido como um produto à base de licença que necessitava de ser instalado no dispositivo do consumidor final. Desde que o SaaS é entregue como um serviço por pedido através da Internet ou uma API, não há a necessidade de instalar o *software* nos dispositivos do consumidor final. Como os serviços SaaS estão acessíveis através da Internet, podem ser acedidos em qualquer lugar e a qualquer momento a partir de qualquer navegador *Web* e em qualquer dispositivo como *laptop*, *tablet* e *smartphone*. Alguns dos serviços de SaaS podem ser acedidos a partir de um *thin client*. Um *thin client* não possui muito espaço de armazenamento e não pode ter aberto tantos processos como um *Personal Computer* (PC) tradicional. Os benefícios mais importantes do uso de um *thin client* para aceder as aplicações de SaaS são os seguintes: é menos vulnerável a ataques, tem um ciclo de vida mais longo, consome menos energia e é mais barato. Um provedor SaaS típico pode fornecer serviços de negócios, redes sociais, gestão de documentos e serviços de *e-mail*:

- **Serviços de Negócios:** A maioria dos fornecedores de SaaS começaram a oferecer uma variedade de serviços de negócios que atraem empresas *start-up*. Os serviços de SaaS de negócios incluem *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Customer Relationship Management* (CRM), faturação, vendas e recursos humanos;
- **Redes Sociais:** Como o número de utilizadores que utilizam redes sociais está a aumentar exponencialmente, a *Cloud Computing* é a combinação perfeita para lidar com a carga variável;
- **Gestão de documentos:** Como a nível empresarial existe uma tendência cada vez maior para a utilização de documentos eletrónicos, a maioria dos provedores de SaaS começou a prestar serviços que são usados para criar, gerir e rastrear esses documentos;
- **Serviços de *e-mail*:** Serviços de *e-mail* são atualmente utilizados biliões de pessoas espalhadas pelo mundo. O crescimento futuro no uso de *e-mail* é imprevisível. Para lidar com um número imprevisível de utilizadores, a maioria dos provedores de *e-mail* começou a oferecer os seus serviços como serviços de SaaS.

### 2.4.3.1 Características do Modelo SaaS

Serviços de SaaS são diferentes e fornecem mais benefícios aos utilizadores finais do que o *software* tradicional. A seguir, apresentam-se as características essenciais dos serviços de SaaS:

- **Um-para-muitos:** Serviços de SaaS são entregues como um modelo de um-para-muitos, onde uma única instância da aplicação pode ser compartilhada por vários clientes;
- **Acesso Web:** Serviços SaaS fornecem acesso *Web* ao *software* que permite que o utilizador final aceda à aplicação em qualquer lugar, se o dispositivo estiver conectado à Internet;
- **Gestão Centralizada:** Desde o momento em que os serviços são alojados e geridos a partir de uma localização central, a gestão da aplicação SaaS torna-se mais fácil. Normalmente, os provedores de SaaS realizam as atualizações automáticas que garantem que cada cliente está a aceder à versão mais recente da aplicação sem atualizações do lado do utilizador;
- **Alta disponibilidade:** Serviços SaaS garantem uma disponibilidade de 99,99% dos dados do utilizador através de *backup* e mecanismos de recuperação adequados;
- **Suporta Multidispositivos:** Serviços de SaaS podem ser acedidos a partir de qualquer dispositivo do utilizador final, tais como *desktops*, *laptops*, *tablets*, *smartphones* e *thin clients*;
- **Integração API:** Serviços de SaaS têm a capacidade de integração com outro *software* ou serviço através de uma API padrão.

### 2.4.3.2 Prós e Contras do Modelo SaaS

As aplicações de SaaS são utilizadas por uma grande variedade de indivíduos e empresas *start-up* devido aos seus benefícios relacionados com os custos. Para além disso, os serviços de SaaS oferecem outros benefícios, tais como:

- **Não existe instalação do lado do cliente:** Serviços de SaaS não exigem a instalação de *software* pelo cliente. Os utilizadores finais podem aceder aos serviços diretamente a partir do *data centre* do provedor de serviços sem a necessidade de qualquer tipo de instalação. Não há necessidade de *hardware high-end* para consumir os serviços de SaaS. Ele pode ser acedido a partir de *thin clients* ou quaisquer dispositivos portáteis, reduzindo assim, a despesa inicial na compra de *hardware high-end*;

- **Economias de custos:** Dado que os serviços SaaS seguem uma cobrança baseada em *pay-as-you-go*, ou seja, exige que os utilizadores finais paguem apenas o que consumiram. Assim, a maioria dos fornecedores de SaaS oferecem diferentes planos de assinatura para beneficiar os diferentes clientes. Por vezes, os serviços de SaaS genéricos, tais como processadores de texto são fornecidos gratuitamente para estes utilizadores;
- **Menos manutenção:** Serviços de SaaS eliminam a sobrecarga adicional de manter o *software* do lado do cliente. Por exemplo, no *software* tradicional, o utilizador final é responsável por executar atualizações em massa. Mas em SaaS, o próprio provedor de serviços mantém as atualizações automáticas, monitoriza e realiza a manutenção das aplicações;
- **Dinâmica de escala:** Os serviços SaaS são popularmente conhecidos pelo seu dimensionamento dinâmico elástico. É muito difícil para o *software* instalado no local (*on-premise*) fornecer uma capacidade de dimensionamento dinâmico, uma vez que exige *hardware* adicional. Visto que os serviços de SaaS utilizam os recursos elásticos fornecidos pela computação em nuvem, pode lidar com qualquer tipo de variação de cargas sem interromper o comportamento normal da aplicação;
- **Facilidade de acesso:** Serviços de SaaS podem ser acedidos a partir de qualquer dispositivo que esteja conectado à Internet. A acessibilidade dos serviços SaaS não está restrita a algum dispositivo em particular. É adaptável a todos os dispositivos, uma vez que, utiliza uma interface *responsive web* para o utilizador;
- **Recuperação de desastres:** Com mecanismos de *backup* e recuperação adequados, as réplicas são mantidas para todos os serviços de SaaS. As réplicas são distribuídas em vários servidores. Se algum servidor falhar, o utilizador final pode aceder ao SaaS a partir de outros servidores;
- **Multitenancy:** *Multitenancy* é a capacidade dada aos utilizadores finais de partilharem uma única instância da aplicação. O *Multitenancy* aumenta a utilização de recursos do lado do provedor de recursos.

Mesmo que os serviços de SaaS sejam usados por muitos indivíduos e indústrias na fase inicial, a adoção das grandes indústrias é muito baixa. O principal problema dos serviços SaaS é a segurança dos dados que estão alojados nos *data centres* que não inspira confiança. A seguir, são apresentados os principais problemas dos serviços de SaaS:

- **Segurança:** A segurança é a maior preocupação na migração para aplicações SaaS. Uma vez que a aplicação SaaS é partilhada por muitos utilizadores finais, existe a possibilidade de fugas de dados. Aqui, os dados são

armazenados nos *data centres* dos provedores de serviços. Não se pode, simplesmente, confiar em algum provedor de serviços para armazenar os dados sensíveis e confidenciais da empresa. O utilizador final deve ter cuidado ao seleccionar o provedor de SaaS para evitar perda de dados desnecessárias;

- **Requisitos da conectividade:** Aplicações de SaaS requerem conectividade com a Internet para lhe aceder. Porém, às vezes, a conectividade com a Internet do utilizador final pode ser muito lenta. Em tais situações, o utilizador não pode aceder aos serviços com facilidade. A dependência de ligação à Internet de alta velocidade é um grande problema em aplicações SaaS;
- **Perda de Controlo:** Uma vez que os dados são armazenados de forma *off-premise*, o utilizador final não tem qualquer controlo sobre os dados. O grau de controlo sobre a aplicações SaaS e de dados é menor que nas aplicações locais (*on-premise*).

### 2.4.3.3 Exemplos de Ferramentas SaaS

São muitos os sistemas comercializados na forma de SaaS. Os que têm maior relevância nesta área são:

- O *Google APPs* [37] oferece um grande conjunto de ferramentas no modelo SaaS para empresas, como *e-mail (Gmail)*, mensagens instantâneas e *chat* de vídeo (*Google Hangouts*), agenda e calendário *online (Google Calendar)*, armazenamento de dados na nuvem (*Google Drive*), pacote *Office (Google Docs)*, notícias (*Google News*), etc;
- O *Microsoft Office 365* [(office)] oferece o pacote completo de ferramentas *Office (Word, Excel, PowerPoint, etc)* na nuvem;
- O *NetSuite* [38] é o principal provedor de soluções de gestão empresarial em nuvem do mundo.

## 2.5 Arquitetura da Nuvem

A nuvem possui uma arquitetura que descreve o seu mecanismo de trabalho. A nuvem é uma tecnologia recente totalmente dependente da Internet para o seu funcionamento. A Figura 2.10 mostra a arquitetura, que pode ser dividida em quatro camadas com base no acesso à nuvem por parte do utilizador.

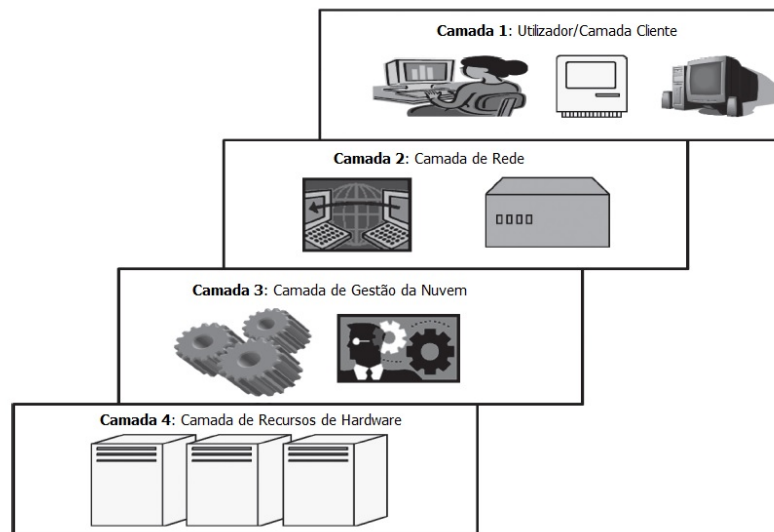


Figura 2.10: Arquitetura da Nuvem [11]

### 2.5.1 Camada Cliente

Esta é a camada, que corresponde à camada 1, mais baixa na arquitetura da nuvem. Todos os utilizadores ou clientes pertencem a esta camada. Este é o local onde o utilizador/cliente inicia a ligação para a nuvem. O cliente pode ser qualquer dispositivo, como um *thin client*, *thick client*, telemóvel ou qualquer outro dispositivo portátil que apoie funcionalidades básicas para aceder a uma aplicação *Web*.

O *thin client* refere-se a um dispositivo que é completamente dependente de algum outro sistema para a sua funcionalidade completa. Da mesma forma, o *thick client* são computadores que têm capacidade de processamento adequada. Eles têm capacidade suficiente para um trabalho independente. Normalmente, uma aplicação em nuvem pode ser acedida da mesma forma que uma aplicação *Web*. Assim, esta camada é constituída por dispositivos de clientes.

### 2.5.2 Camada de Rede

Esta camada permite que os utilizadores liguem-se à nuvem. A infraestrutura inteira da nuvem é dependente desta ligação, onde os serviços são oferecidos aos clientes. No caso da nuvem pública a Internet é o principal meio de conexão.

Assim, a nuvem pública normalmente existe num local específico cuja localização o utilizador desconhece, podendo ser acedida em todo o mundo.

No caso da nuvem privada, a ligação pode ser proporcionada por uma *Local Area Network* (LAN). Mesmo neste caso, a nuvem depende completamente da

rede que é utilizada. Normalmente, ao aceder a uma nuvem pública ou privada, os utilizadores exigem largura de banda mínima, o que às vezes é definido pelos provedores de nuvem.

Esta camada não está sob a alçada de acordos de nível de serviço (SLA), ou seja, os SLA não levam em conta a ligação à Internet entre o utilizador e nuvem para qualidade de serviço (QoS).

### 2.5.3 Camada de Gestão da Nuvem

Esta camada consiste em *software* de gestão da nuvem. Este *software* pode ser um sistema operativo em nuvem (OS), um *software* que atua entre uma interface, entre os *data centres* (recursos reais) e o utilizador ou um *software* de gestão de recursos, *i.e.*, de otimização e gestão da nuvem interna. As operações realizadas nesta camada afetam os SLA que estão a ser negociados entre os consumidores e os fornecedores de serviços. Qualquer atraso no processamento ou discrepância na provisão de serviços pode levar a uma violação do SLA. De acordo com as regras, qualquer violação do SLA resulta numa penalidade a ser dada ao provedor. Esses SLA aplicam-se a ambas as nuvens, públicas ou privadas. Alguns fornecedores de serviços populares são Amazon Web (AWS) [39] e Microsoft Azure [16] para nuvens públicas. Da mesma forma, OpenStack [13] e Eucalyptus [14] permitem a criação, implementação e gestão da nuvem privada.

### 2.5.4 Camada de Recursos de Hardware

A camada 4 consiste no fornecimento de recursos de *hardware* real. Este *hardware* poderá conter *data centres*, *clusters*, *desktops* e outros recursos. Isto fornece uma certa flexibilidade e facilidade de agregação de novos recursos à medida que se tornam necessários.

Esta camada vem sob a tutela do SLA, sendo a camada mais importante que os regula. Esta afeta a maioria dos SLA, no caso dos *data centres*. Sempre que um utilizador acede à nuvem, os recursos devem estar disponíveis para os utilizadores o mais rápido possível e dentro do tempo definido pelos SLA.

Como mencionado anteriormente, se houver qualquer discrepância na provisão dos recursos ou aplicações, o prestador de serviços tem de pagar o estipulado no SLA. Assim, os *data centres* consistem numa ligação de alta velocidade e possuem um algoritmo altamente eficiente para transferir os dados a partir do *data centre* para o gestor. Pode haver uma série de *data centres* para uma nuvem, e, de forma semelhante, um número de nuvens pode compartilhar os *data centres*.

## 2.6 Virtualização

A virtualização remonta às décadas de 60 e 70, com a introdução da linguagem de programação Java e o uso comum de *mainframes* na época. Com o uso de máquinas virtuais, era possível executar e migrar aplicações legadas entre plataformas distintas, desde que houvesse uma versão da máquina virtual para a plataforma alvo. A principal motivação era ampliar e melhorar a utilização e a partilha de recursos nos *mainframes*. Com a redução do custo do hardware em meados da década de 80, ocorreu uma mudança do foco de processamento centralizado em *mainframes* para o processamento distribuído em microcomputadores. O modelo cliente-servidor foi estabelecido para a computação distribuída, reduzindo a necessidade da virtualização para a integração de recursos computacionais. A redução do custo de aquisição do *hardware* e de partilha de informações fizeram a virtualização entrar em hibernação por alguns anos [40].

Apenas em meados da década de 90, com o aumento do poder de processamento do *hardware*, a virtualização voltou a ganhar destaque com produtos como o VMware[41], *User Mode Linux* (UML)[42], Xen[43], *Kernel-based Virtual Machine* (KVM)[44] e VirtualBox[45]. De certa forma, esses produtos trazem o conceito de virtualização como uma alternativa para executar diversos sistemas operacionais sem a necessidade de se aumentar proporcionalmente o número de *hosts* físicos que os mantêm. Isso implica uma redução dos custos relativos à aquisição de *hardware*, infraestrutura física, consumo de energia, refrigeração, suporte e manutenção de vários *hosts*.

Os primeiros conceitos que devemos ter em relação à virtualização são de instruções privilegiadas e não privilegiadas. As instruções não privilegiadas são aquelas que não modificam a alocação ou o estado de recursos partilhados por vários processos simultâneos, tais como processadores e memória principal. Em oposição a essas instruções, temos as instruções privilegiadas, que podem alterar o estado e a alocação desses recursos. Um computador pode operar em dois modos distintos, o modo de utilizador ou o de administrador. O modo de utilizador, também chamado de espaço de aplicação, é o modo no qual as aplicações normalmente são executadas. Neste modo, não é possível executar as instruções privilegiadas, que são restritas ao modo de administrador. O modo de administrador tem o controlo total sobre a CPU, podendo executar todas as instruções do conjunto de instruções do processador em questão, tanto as não-privilegiadas como as privilegiadas. O sistema operacional é executado neste modo. Antes de o sistema operacional passar o controlo do CPU para uma aplicação do utilizador, o *bit* de controlo de modo é configurado para o modo de utilizador.

Assim, a virtualização pode ser definida como a capacidade de execução de vários sistemas operativos ou VM num mesmo servidor físico. A Figura 2.11 representa um sistema virtualizado.

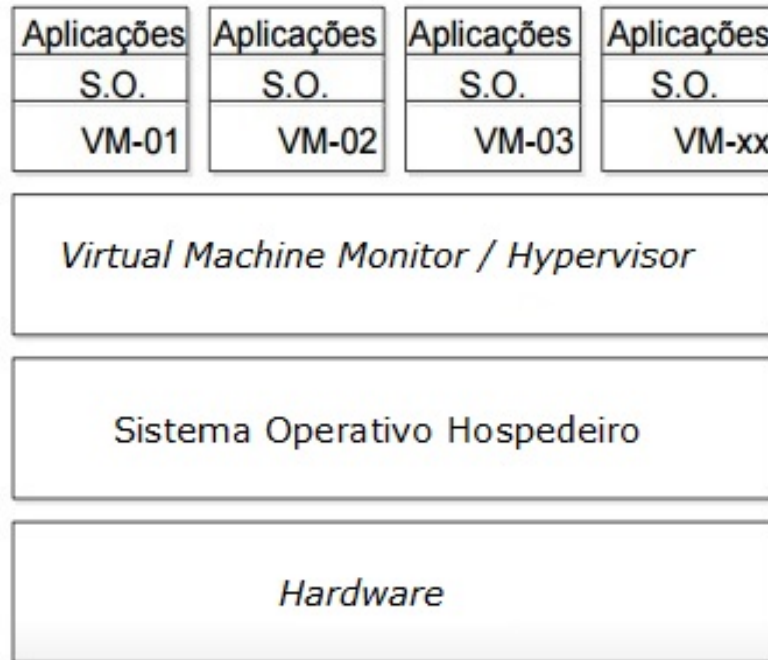


Figura 2.11: Sistema Virtualizado [46]

Já no ambiente virtualizado, tem de se salientar dois conceitos: o hospedeiro (*host*) e o hóspede ou convidado (*guest*). Podemos entender o hospedeiro como sendo o sistema operativo que é executado por uma máquina física. O *guest*, por sua vez, é o sistema virtualizado que deve ser executado pelo *host*. A virtualização ocorre quando estes dois elementos existem.

Na Figura 2.11, o sistema virtualizado é apresentado em camadas. Na primeira camada encontra-se o *hardware*, ou servidor físico. Neste servidor, é instalado o OS principal, representado pela camada imediatamente superior. Uma camada de *software* entre o OS do servidor físico e o OS dos servidores virtuais com as suas aplicações é responsável por controlar a alocação de recursos (CPU, Memória, Rede e Armazenamento) para os servidores virtuais. Esta camada é chamada *Virtual Machine Monitor* (VMM) ou *Hypervisor*, e, por fim, os servidores virtuais ou VM, cada um com o seu OS e aplicações independentes [46].

O VMM é executado no modo de administrador, no entanto as VM são executadas em modo de utilizador. Como as VM são executadas em modo de utilizador, quando estas tentam executar uma instrução privilegiada, é gerada uma interrupção e o VMM encarrega-se de emular a execução desta instrução.

Assim sendo, a virtualização permite a abstração de OS de servidores físicos de pequeno porte (x86 ou x64), cuja arquitetura permite a execução de apenas

um sistema operativo. Com a virtualização, esse mesmo servidor pode executar múltiplos sistemas operativos, aplicações, rede e armazenamento de dados virtualizados, permitindo mais eficiência, rapidez de implementação, economia de recursos humanos, agilidade e facilidade de gestão dos processos de TI num *data centre*.

Nas subsecções seguintes, serão analisados os três diferentes tipos de virtualização encontrados na literatura.

### 2.6.1 Tipos de Virtualização

Antes de se começar com a análise de cada um dos tipos de virtualização, é importante saber o que são os anéis de proteção em OS. Assim, os anéis de proteção são usados para isolar o sistema operativo das aplicações do utilizador não confiáveis. O sistema operacional pode ser protegido com diferentes níveis de privilégios. Na arquitetura do anel de proteção, os anéis estão dispostos em ordem hierárquica de anel 0 para o anel 3, como é possível visualizar na Figura 2.12 .

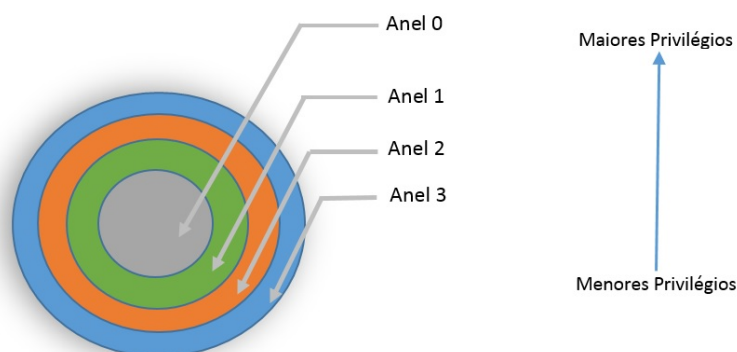


Figura 2.12: Anéis de Proteção em OS

O anel 0 contém os programas que são mais privilegiados e o anel 3 contém os programas que são menos privilegiados. Normalmente, as instruções do OS altamente confiáveis serão executado no anel 0, e tem acesso sem restrições aos recursos físicos. O anel 3 contém as aplicações do utilizador não confiáveis, ficando com acesso restringido aos recursos físicos. Esta arquitetura em anel de proteção restringe o uso indevido de recursos e comportamento malicioso de programas de nível de utilizador não confiáveis. Por exemplo, qualquer aplicação do utilizador a partir do terceiro anel não pode aceder diretamente aos recursos físicos, uma vez que, é o nível menos privilegiado. Mas o *kernel* do OS no anel 0 pode aceder diretamente os recursos físicos, uma vez que é o nível mais privilegiado. Dependendo do tipo de virtualização, o *hypervisor* e o OS *guest* serão executados

em diferentes níveis de privilégios. Normalmente, o *hypervisor* vai correr com o nível mais privilegiado no anel 0, e o OS *guest* será executado num nível menos privilegiado em relação ao *hypervisor*. Existem três tipos de abordagens para a virtualização [11]:

1. Virtualização Total;
2. Para-Virtualização;
3. Virtualização Assistida Por *Hardware*.

Cada uma das abordagens de virtualização é discutida em detalhe nas subsecções seguintes.

### 2.6.1.1 Virtualização Total

Nesta abordagem, o VMM é executado no topo do sistema operativo hospedeiro, normalmente como uma aplicação no espaço do utilizador. Resulta que, nas VM, as aplicações e o sistema operativo *guest* são executados em cima do *hardware* virtual fornecido pelo VMM.

Assim sendo, o sistema operativo *guest* é totalmente abstraído da infraestrutura subjacente. A camada de virtualização ou VMM dissocia totalmente o sistema operativo *guest* da infraestrutura subjacente. O sistema operativo *guest* não está ciente de que é virtualizado e pensa que está a ser executado no *hardware* real. Nesta abordagem, o *hypervisor* ou VMM fornece todas as infraestruturas virtuais necessárias para as VM. O sistema operativo *guest* tem menos privilégios que o *hypervisor*. Assim, o sistema operativo não consegue estabelecer comunicação, diretamente, com a infraestrutura física. Ele requer a ajuda do *hypervisor* para comunicar com a infraestrutura subjacente. As aplicações do utilizador residam no anel 3, como mostrado na Figura 2.13. Esta abordagem, usa a conversão binária e técnicas de execução direta [11].

A conversão binária é usada para converter as instruções do sistema operativo *guest* não virtualizado com as novas sequências de instruções que produzem o mesmo efeito sobre a infraestrutura virtual.

Por outro lado, a execução direta é usada para solicitações de aplicações do utilizador em que as aplicações podem aceder diretamente aos recursos físicos, sem modificar as instruções.

#### Prós

- Esta abordagem fornece um melhor isolamento e segurança para as VM;
- Diferentes sistemas operativos podem ser executados simultaneamente;

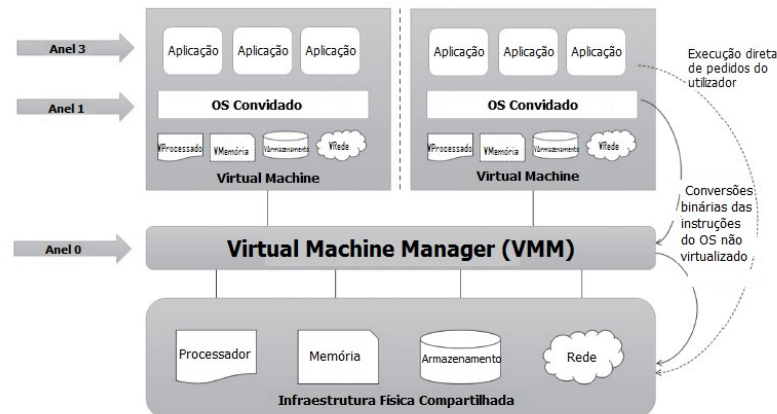


Figura 2.13: Virtualização Total. Adaptado de: [11]

- É fácil de instalar e usar e não requer qualquer alteração no sistema operativo *guest*.

### Contras

- A tradução binária é adicional o que isso reduz o desempenho geral do sistema;
- Existe uma necessidade para a correta combinação de *hardware* e *software*.

Em suma, a principal vantagem desta abordagem é que é muito fácil de usar. Um utilizador comum pode instalar um produto de *software* como *VMware Workstation*[47] ou outro produto de *software* à escolha. Dentro do *VMware Workstation*, um OS *guest* pode ser instalado e usado exatamente como ele estaria a funcionar diretamente no *hardware*.

#### 2.6.1.2 Para-virtualização

A para-virtualização é uma alternativa à virtualização total. A principal diferença entre a virtualização total e para-virtualização é o OS *guest*. Este sabe que está a ser executado num ambiente virtualizado em Para-virtualização. Mas na virtualização total, esta informação não é conhecida para o OS *guest*. Outra diferença é que a Para-virtualização substitui a conversão de pedidos do sistema operacional não virtualizados com *hypercalls*. Os *hypercalls* são semelhantes às chamadas do sistema e são utilizados para a comunicação direta entre OS e *hypervisor/VMM*. Esta comunicação direta entre o sistema operacional e o *hypervisor guest* melhora o desempenho e a eficiência. Na virtualização total, o OS *guest*

seria utilizado sem qualquer modificação. Porém, na Para-virtualização, este OS precisa de ser modificado para substituir instruções não virtualizadas através dos *hypercalls*. Como mostrado na Figura 2.14, o OS *guest* modificado reside no anel 0 e as aplicações do utilizador no anel 3. Como o OS *guest* está em posição privilegiada, pode comunicar-se diretamente com a camada de virtualização sem qualquer tradução, por meio de *hypercalls*. Algo semelhante acontece na virtualização total, onde as aplicações dos utilizadores estão autorizados a aceder diretamente à infraestrutura subjacente [11].

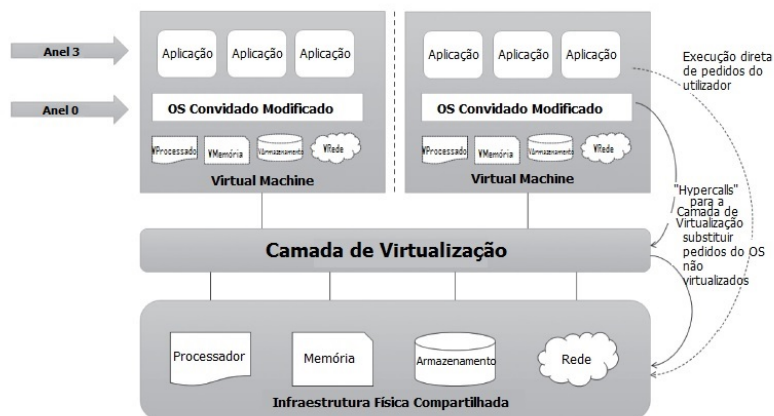


Figura 2.14: Para-Virtualização. Adaptado de: [11]

### Prós

- Elimina a sobrecarga adicional de tradução binária e, conseqüentemente, melhora a eficiência geral do sistema e desempenho;
- É mais fácil de implementar do que a virtualização total, dado que, não há necessidade de *hardware* especial.

### Contras

- Há uma sobrecarga do sistema operativo *guest* modificado;
- O sistema operativo *guest* modificado não pode ser migrado para funcionar num *hardware* físico;
- VM sofrem com a falta de compatibilidade com versões anteriores e são difíceis de migrar para outros hospedeiros.

### 2.6.1.3 Virtualização Assistida por Hardware

Nas duas abordagens anteriores, há uma sobrecarga adicional de tradução binária ou modificação do sistema operativo *guest* para alcançar a virtualização. Mas nesta abordagem, alguns fornecedores de *hardware*, como a *Intel* e a *Advanced Micro Devices* (AMD), oferecem o suporte para a virtualização, o que elimina muita sobrecarga envolvida na tradução e modificação binária do OS *guest*.

Por exemplo, a *Intel* lançou o *Intel Virtualization Technology* (VT-x) e AMD lançou o *AMD virtualization* (AMD-V) para simplificar as técnicas de virtualização. Em virtualização assistida por *Hardware*, o VMM tem o maior nível de privilégio (*root privilege*), mesmo estando a funcionar abaixo do anel 0. O OS reside no anel 0 e a aplicação do utilizador no anel 3, como mostrado na Figura 2.15. Ao contrário das outras abordagens de virtualização, o OS *guest* e as aplicações do utilizador possuem o mesmo nível de privilégio (*nonroot privilege level*) [11].

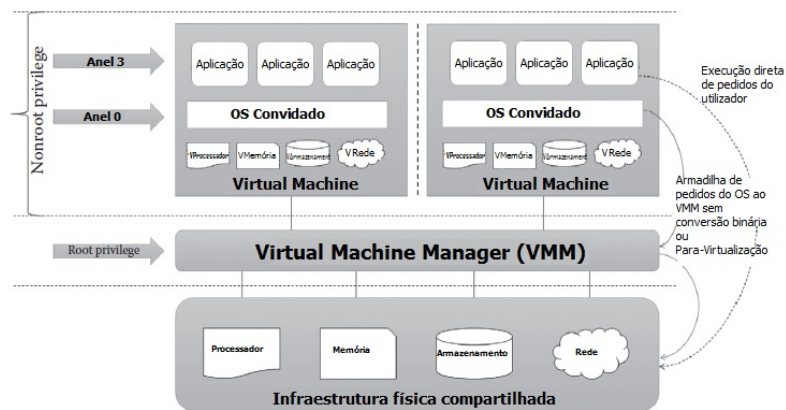


Figura 2.15: Virtualização Assistida por *Hardware*. Adaptado de: [11]

Como discutido anteriormente, as técnicas de virtualização assistida por *Hardware* removem a tradução binária e Para-virtualização. Aqui, é realizada uma armadilha de pedidos do OS ao VMM sem conversão ou Para-virtualização. Como em outras abordagens de virtualização, as solicitações do utilizador são executados diretamente sem qualquer tradução [11].

#### Prós

- Reduz a sobrecarga adicional da tradução binária existente na virtualização total;
- Elimina a modificação do OS *guest* da Para-virtualização.

#### Contras

- Somente processadores da nova geração têm essas capacidades. Os processadores x86 ou x64 não suportam funcionalidades de virtualização assistida por *Hardware*;
- O aumento do o número de VM armadilhas pode resultar numa sobrecarga do CPU e, conseqüentemente numa menor eficiência do servidor.

Um resumo relacionado com os diferentes tipos de virtualização é dado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Resumo dos diferentes tipos de virtualização

Caraterísticas	Virtualização Total	Para-Virtualização	Virtualização Assis-tida por <i>Hardware</i>
Técnica	Conversão binária e execução direta	<i>Hypercalls</i>	Armadilha do OS ao VMM
OS <i>Guest</i> Modificado	Não	Sim	Não
Compatibilidade	Excelente	Pobre	Excelente
Performance	Boa	Boa em certos casos	Satisfatória
Provedores Populares	VMWare ESX	Xen	Microsoft, Virtual Iron e XenSource

### 2.6.2 Tipos de Hypervisors

Antes dos *hypervisors* serem introduzidos, havia um relacionamento um-para-um entre *hardware* e o sistema operativo. Este tipo de computação dava origem a uma subutilização dos recursos. Após os *hypervisors* serem introduzidos, tornou-se num relacionamento de um-para-muitos. Com a ajuda de *hypervisors*, muitos sistemas operativos podem executar e partilhar um único *hardware*. O Os *hypervisores* são geralmente classificados em duas categorias:

1. Tipo 1 ou *Bare Metal Hypervisors*;
2. Tipo 2 ou *Hosted Hypervisors*.

A principal diferença entre estes dois tipos de *hypervisors* é que o tipo 1 é executado diretamente no *hardware* e o tipo 2 no sistema operativo *host*.

Os *hypervisors* tipo 1 podem executar e aceder a recursos físicos diretamente, sem a ajuda de qualquer sistema operativo *host*. Aqui, a sobrecarga adicional de comunicação com o sistema operativo *host* é reduzido e oferece maior eficiência quando comparado com os *hypervisors* tipo 2. Este tipo de *hypervisors* é usado para servidores que lidam com grandes carga e exigem mais segurança.

Alguns exemplos de *hypervisors* tipo 1 incluem o *Microsoft Hyper-V* [48], *Citrix XenServer* [49], *VMware ESXi* [50], e *Oracle VM Server* para SPARC [51][11].

Por sua vez, os *hypervisors* tipo 2 são também conhecidos por *hosted hypervisors*. Este tipo de *hypervisors* requer o OS *host* e não têm acesso direto ao *hardware* físico, sendo instalados no OS *host* como um *software*. O sistema operativo *host* tem acesso direto ao *hardware* subjacente. A grande desvantagem desta abordagem é que se o OS *host* falha, como consequência, as VM também falham. Assim, é recomendável usar *hypervisors* tipo 2 somente nos sistemas do cliente onde a eficiência é menos crítica. Exemplos de *hypervisors* tipo 2 incluem *VMWare Workstation* [47] e *Oracle VirtualBox* [45][11].

Na Tabela 2.2 é fornecido um resumo de alguns dos *hypervisors* mais conhecidos do mercado.

Tabela 2.2: Resumo dos diferentes *hypervisors*

<i>Hypervisor</i>	Fornecedor	Tipo	Licença
Xen	Universidade de Cambridge	Tipo 1	GNU GPL V2
VMWare ESXi	VMware, Inc.	Tipo 1	Proprietária
Hyper-V	Microsoft	Tipo 1	Proprietária
KVM	Open Virtualization Alliance	Tipo 2	GNU Licença Pública
VMware Workstation	VMware, Inc	Tipo 2	Shareware
Oracle VirtualBox	Oracle Corporation	Tipo 2	GNU Licença Pública v.2

### 2.6.3 Conclusão

Para uma compreensão clara da computação em nuvem, há certos conceitos fundamentais a serem conhecidos como o que foi descrito neste capítulo. Com efeito, este capítulo, começa com uma definição básica da *Cloud Computing*. De seguida, são abordadas as cinco características essenciais, os modelos de implementação e de serviço de acordo com a definição do NIST.

Assim sendo, os modelos de implementação formam a base e precisam de ser conhecidos antes de se começar com outros aspetos da nuvem. Estes modelos de implementação baseiam-se em várias propriedades, como tamanho, localização e complexidade. Existem quatro tipos de modelos de implementação que foram abordados, sendo eles, nuvem privada, pública, híbrida e comunitária. Foi realizada a descrição de cada modelo, das suas principais características, a sua adequação a diferentes tipos de necessidades e as vantagens e desvantagens da sua utilização. Estes modelos são muito importantes e geralmente têm um grande

impacto sobre as empresas que estão dependentes da nuvem. A escolha inteligente do modelo de implementação revela-se sempre benéfico, evitando grandes perdas. Por isso, é dada grande importância aos modelos de implementação.

De acordo com o abordado, a computação em nuvem é composta por três modelos de serviço e quatro modelos de implementação. Os modelos de serviço incluem IaaS, PaaS e SaaS, e os modelos de implementação incluem nuvens privadas, públicas, híbridas e comunitárias. Os modelos de serviço decidem os tipos de serviços prestados por cada modelo de serviço. Os modelos de implementação decidem a forma de entrega desses serviços. Estes modelos de implementação baseiam-se em várias propriedades tais como, o tamanho, a localização e a complexidade.

Fazendo agora um breve resumo sobre os modelos de serviço, o IaaS oculta a complexidade da manutenção do *hardware* subjacente. Já o PaaS oculta a complexidade de manutenção do *hardware* e da plataforma de desenvolvimento. Da mesma forma, SaaS oculta a complexidade da manutenção do *hardware*, da plataforma de desenvolvimento e da aplicação. Todos os modelos de serviços em nuvem possuem uma característica essencial da computação em nuvem: *self-service* por pedido, amplo acesso à rede, agrupamento de recursos, elasticidade rápida e serviços mensuráveis. Para além destas características, cada modelo de serviço tem suas próprias características. As características de IaaS incluem acesso à *Web* para os recursos, gestão centralizada, Infraestrutura compartilhada, VM pré-configuradas e serviços mensuráveis. As características de PaaS incluem tudo em um, acesso através da *Web* para a plataforma de desenvolvimento, acesso *offline*, plataforma colaborativa e diversas ferramentas de cliente. As características do SaaS incluem um-para-muitos, o acesso à *Web*, gestão Centralizada, suporte multi-dispositivos, alta disponibilidade e integração API.

Devido, aos baixos custos destes serviços de nuvem, uma grande variedade de indivíduos e indústrias de *start-up* utilizam estes serviços. Estes serviços não têm grande impacto na grandes indústrias, uma vez que este serviço não possui elevados níveis de segurança. Os benefícios gerais de serviços em nuvem são economia de custos, dimensionamento elástico e dinâmico e gestão centralizada. As desvantagens gerais incluem questões de segurança, problemas de interoperabilidade e problemas de desempenho.

Por fim, a virtualização é uma tecnologia amplamente utilizada na indústria de TI para aumentar a utilização de recursos e ROI. Ela permite que a mesma infraestrutura física possa ser partilhada entre múltiplos sistemas operativos e aplicações. Existem três tipos de abordagens utilizadas para alcançar a virtualização, ou seja, virtualização total, Para-virtualização e virtualização assistida por *hardware*. A virtualização total abstrai completamente o OS *guest* da infraestrutura subjacente. A Para-virtualização fornece abstração parcial do OS

*guest* da infraestrutura subjacente, com ligeira modificação do OS *guest*. Na virtualização assistida por *hardware*, o próprio fornecedor de *hardware* oferece o suporte para a virtualização. A virtualização ajuda na criação de ambiente de nuvem *multitenancy*, onde uma única instância do recurso pode ser compartilhado por vários utilizadores. A computação em nuvem e virtualização são diferentes. A computação em nuvem usa virtualização com *utility computing* para oferecer diferentes serviços, como IaaS, PaaS e SaaS.



## Capítulo 3

---

# Comércio Eletrónico

---

*Neste capítulo são apresentados os diferentes tipos de comércio eletrónico, alguns sistemas multiagente pioneiros, os Service Level Agreements (SLA) e, por fim, alguns sistemas de (re)negociação de SLA.*

### 3.1 Tipos de Comércio Eletrónico

Existem inúmeras classificações de comércio eletrónico, tudo depende do produto ou serviço transacionado, o setor da atividade a que correspondem, a tecnologia de suporte usada, os montantes envolvidos nas transações ou o tipo de intervenientes no processo. Mediante este tipo de classificação, são identificados diferentes modelos de negócios entre os quais se destacam: (i) *Business-to-Business* (B2B); (ii) *Business-to-Consumer* (B2C); (iii) *Business-To-Administration* (B2A); e (iv) *Consumer-To-Administration* (C2A).

#### 3.1.1 Business-To-Business

O comércio *Business-to-Business* (B2B) engloba todas as transações eletrónicas efetuadas entre empresas. O comércio B2B desenvolve-se, basicamente, em três grandes áreas: o *e-Marketplace*, o *e-Procurement* e o *e-Distribution* [52].

- Os *e-Marketplaces* consistem em plataformas eletrónicas onde as empresas, ora assumindo a posição de comprador, ora a de vendedor, reúnem-se à volta de um mesmo objetivo: estabelecer laços comerciais entre si. Estes mercados digitais podem assumir uma forma vertical, quando apenas são frequentados por empresas de uma indústria específica, ou horizontal, caso em que é permitida a participação de empresas de várias indústrias ou ramos de atividade;

- Os *e-Procurements* são plataformas eletrônicas especificamente desenvolvidas para suportar o provisionamento das organizações, permitindo que estas otimizem a cadeia de fornecimento em termos de tempo e de custos, através da automatização das interações com as centrais de compras dos seus fornecedores;
- Os *e-Distributions* consistem em plataformas eletrônicas concebidas para integrar as empresas com os seus distribuidores, filiais e representantes, permitindo efetuar uma variedade de tarefas, desde uma simples consulta a um catálogo eletrônico até à emissão de faturas e receção de mercadorias.

### 3.1.2 Business-To-Consumer

*Business-to-Consumer* corresponde ao tipo de transação estabelecida entre uma organização/empresa e o consumidor final. Este tipo de relação pode ser frequente e dinâmica ou esporádica e pontual, dependendo do tipo de CRM que a entidade provedora do serviço praticar. Este tipo de comércio tem-se desenvolvido bastante devido ao advento da *web*, existindo já várias lojas virtuais que comercializam todo o tipo de bens de consumo, tais como computadores, *software*, livros, automóveis, produtos alimentares, produtos financeiros, publicações digitais, etc. Quando comparado com uma situação de compra a retalho no comércio tradicional, o consumidor tem mais informação ao seu alcance e passa por uma experiência de compra potencialmente muito mais agradável e confortável, sem prejuízo de obter, muitas vezes, um atendimento igualmente personalizado e de assegurar a rapidez na concretização do seu pedido [52].

### 3.1.3 Business-To-Administration

Esta categoria do comércio eletrônico cobre todas as transações *online* realizadas entre as empresas e a Administração Pública. Esta é uma área que envolve uma grande quantidade e diversidade de serviços, designadamente nas áreas fiscal, da segurança social, do emprego, dos registos e notariado. Este segmento tende a aumentar rapidamente, nomeadamente com a promoção do comércio eletrônico na Administração Pública e com os mais recentes investimentos no *e-government* [52].

### 3.1.4 Consumer-To-Administration

O modelo *Consumer-To-Administration* (C2A) abrange todas as transações eletrônicas efetuadas entre os indivíduos e a Administração Pública. Entre as várias áreas de aplicação, salienta-se a segurança social (através da divulgação de informação, realização de pagamentos, etc.), a saúde (marcação de consultas, informação sobre doenças, pagamento de serviços de saúde), a educação (divul-

gação de informação, formação à distância) e os impostos (entrega das declarações, pagamentos). Ambos os modelos que envolvem a Administração Pública (B2A e C2A) estão fortemente associados à ideia de modernização, agilização, transparência e qualidade do serviço público, aspetos cada vez mais realçados pela generalidade das entidades governamentais [52].

## 3.2 Sistemas Multiagente de Comércio Eletrónico

Existem inúmeros sistemas multiagente de comercialização de produtos ou serviços. Os sistemas pioneiros mais conhecidos neste domínio são o AuctionBot [53], o Fishmarket, o Kasbah [54] e o Tete-a-Tete [55].

### 3.2.1 AuctionBot

O AuctionBot é um sistema multiagente desenvolvido pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade de Michigan. Está disponível para uso público na Universidade onde foi desenvolvido desde Setembro de 1996, e para toda a Internet desde Janeiro de 1997. Implementa diversos tipos de leilões. Estes leilões podem ser simples (*single-sided*) ou duplos (*double-sided*) e as licitações podem ser seladas (*sealed bids* (SB)) ou públicas (*outcry*). Os leilões duplos envolvem múltiplos compradores e vendedores em simultâneo. Por outro lado, nos leilões simples, os bens ou serviços vão a leilão de forma sequencial para venda ou compra, havendo licitadores apenas do tipo oposto (compradores ou vendedores). Como é possível observar na Figura 3.1, o AuctionBot implementa diversos tipos de leilões: (i) *Dutch e English* – Leilões simples com licitações públicas (*outcry*); (ii) *First-price Sealed-bid* (FPSB) e *Vickrey Auction* – Leilões simples com licitações seladas (B); (iii) *Call Market* – Leilão duplo com licitação selada; e (iv) *Continuous Double Auction* (CDA) – Leilão duplo com licitação pública.

O AuctionBot gere um grande número de leilões em simultâneo. Para se participar num desses leilões, um utilizador tem de se registar. Os utilizadores podem inspecionar as suas contas através de uma página *Web* que apresenta uma visão organizada das suas propostas, leilões que iniciaram e transações passadas [53].

Os leilões ativos no AuctionBot são organizados num catálogo hierárquico, facilitando a pesquisa para os potenciais compradores que neles desejam licitar. Os utilizadores que pretendam criar novos leilões podem posicioná-los em qualquer secção do catálogo existente, ou expandir o catálogo, criando uma subcategoria apropriada. Têm também a opção de não listar o leilão no catálogo público, mantendo a sua visibilidade limitada a um grupo privado. Para participar em qualquer leilão, os utilizadores têm que se registar [56].

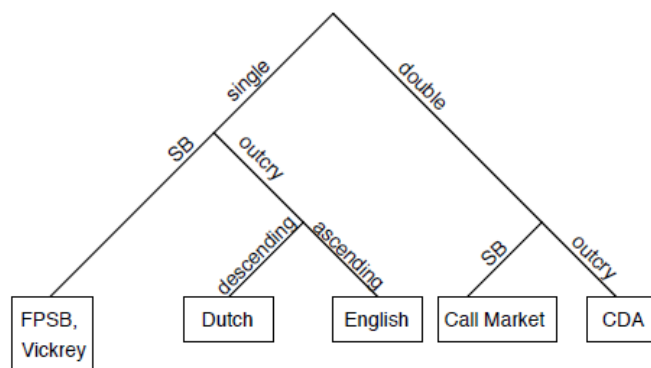


Figura 3.1: Classificações do diferentes tipos de leilões [53]

O AuctionBot disponibiliza uma API que permite aos utilizadores a criação de agentes, com estratégias de licitação por eles concebidas, que agem autonomamente. A interface com estes agentes de *software* é assegurada através de comunicação *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) [56].

### 3.2.2 Fishmarket

É um sistema desenvolvido na *Artificial Intelligence Research Institute* da Universidade Politécnica da Catalunha que, tal como AuctionBot, permite múltiplos leilões em simultâneo e utiliza um conjunto de agentes com regras pré-definidas para simplificar a sua classificação. Foi desenvolvido utilizando *Parallel Virtual Machine* (PVM) como *middleware* que assegura uma grande mobilidade e a possibilidade de configuração de máquinas virtuais, criando um sistema do tipo *sand-box* com a possibilidade de expansão da plataforma distribuída. O tipo de leilão é baseado no leilão da lota do peixe, apresentando as propostas por ordem decrescente [57].

Contudo, este tipo de plataforma não está a ser usada no mundo real, sendo usada como plataforma de teste de agentes com diversas estratégias.

### 3.2.3 Kashab

O Kashab é um sistema desenvolvido no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) que utiliza o CDA onde os utilizadores compram e vendem bens através da criação de agentes autónomos que gerem os negócios de compra e venda por eles, ou seja, os agentes encontram as partes interessadas de forma autónoma e negociam com estes o melhor negócio possível.

Uma vez criado, um agente de venda vai para o mercado e encontra outros agentes que estão interessados em comprar o item que ele está a vender (estes agentes podem ser considerados "potenciais clientes"). O agente irá continuar a procurar novos potenciais clientes que são adicionados ao mercado ao longo do tempo. O agente começa as negociações com os potenciais clientes, oferecendo o item com o preço especificado pelo utilizador. Se o agente encontra um cliente disposto a pagar esse preço, faz o negócio e notifica o utilizador. Se o agente não é capaz de encontrar um cliente disposto a pagar o preço desejado, em seguida, irá baixar o preço de venda. Esta diminuição do preço de venda não acontece instantaneamente, mas ao longo do tempo, tal como uma pessoa real negociaria. A taxa a que o agente reduz a sua cotação de venda ao longo do tempo é determinada pela estratégia de preço especificada pelo utilizador. O agente verifica se há um cliente disposto a comprar pelo novo preço. Se houver o agente faz o negócio. Caso contrário, o agente baixa novamente a sua cota de venda. Este processo continua até que o agente faz um acordo ou a data limite de venda é atingida. Aí, o preço de venda do agente será o preço mais baixo aceitável especificado pelo utilizador (ou muito próximo dele). Este sistema contém três tipos de adaptação do preço ao longo do tempo: linear, quadrático e cúbico. Este mecanismo define a estratégia de negociação do agente no mercado. Este e outros parâmetros podem ser alterados em qualquer momento da negociação [58].

Uma característica interessante do Kasbah é a implementação de um sistema de reputação do tipo *Better Business Bureau* (BBB) que permite, após conclusão de uma transação, avaliar qualitativamente o parceiro de negócio, e usar esta informação para definir a reputação das entidades [54].

### 3.2.4 Tete-a-Tete

O projeto Tete-a-Tete, desenvolvido no *MIT Media Laboratory*, engloba três áreas de investigação: sistemas multi-agente, desenho de interfaces homem-computador e Comércio Eletrónico por retalho. O objetivo do projeto é disponibilizar tecnologias avançadas e ferramentas de visualização, para auxiliar o encaixe das necessidades dos consumidores com as ofertas dos vendedores, em mercados de retalho *online* [56].

O Tete-a-Tete pretende dar aos utilizadores a possibilidade de negociar sobre várias dimensões de uma transação. Dá a possibilidade aos vendedores de se diferenciarem em atributos do produto e do serviço além do preço, como tempos de entrega, garantia, etc. A negociação não utiliza funções simples de acréscimo e decréscimo de preços como no Kasbah. Em vez disso, os agentes compradores do *Tete-a-Tete* negociam argumentativamente com os agentes vendedores, utilizando as restrições de avaliação capturadas durante as etapas de seleção do produto e seleção do vendedor do modelo *Consumer Buying Behaviour* (CBB),

como dimensões de uma função de utilidade multi-atributo. Esta função de utilidade é usada por um agente comprador para ordenar as ofertas dos vendedores, baseando-se em avaliar até que ponto elas satisfazem as suas preferências [56].

O Tete-a-Tete utiliza uma combinação de técnicas de *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT) e *Distributed Constraint Satisfaction Problems* (DCSP), para mediar as negociações entre agentes compradores e vendedores. A negociação toma portanto a forma cooperativa, através de múltiplos termos da transação.

### 3.3 Sistemas de (Re)Negociação Automática de Contratos

Os sistemas de negociação automática da prestação de serviços de *Cloud Computing* assentam na negociação e estabelecimento de *Service Level Agreements* (SLA) entre empresas consumidoras e provedoras. Tipicamente, dada a complexidade do processo, as empresas delegam em sistemas de intermediação e/ou negociação a procura de parceiros e a negociação e estabelecimento dos SLA.

#### 3.3.1 Service Level Agreements

A adoção de especificações e normas de representação de instâncias SLA é essencial para garantir a interoperabilidade entre sistemas e empresas. Existem duas especificações, baseadas na tecnologia dos *Web Services* (WS), principais para representar SLA: (i) *Web Service Agreement* (WS-Agreement), criado pelo Open Grid Forum (OGF); e (ii) *Web Service Level Agreement* (WSLA), criado pela International Business Machines (IBM).

O WSLA permite a criação de SLA constituídos pelas secções das partes, serviços e operações e obrigações. A secção das partes descreve os parceiros, os seus papéis (provedor, consumidor e terceiros) e as interfaces de ação que expõem o contrato às outras partes. Nos serviços e operações são descritas das interfaces do provedor de serviços. Os serviços são representados por objetos de serviço e cada objeto de serviço está associado a um ou mais parâmetros de SLA. Esta secção especifica os parâmetros de nível de serviço relevantes e respetivas métricas, bem como indica qual a parte responsável por medir cada métrica e como a medição deve ser feita. A secção das obrigações é dedicada à especificação das condições (por exemplo, o tempo médio de resposta da operação não deve exceder um valor predefinido) e das garantias.

O OGF implementa duas especificações: (i) *WS-Agreement*, que define uma linguagem baseada em *eXtensible Markup Language* (XML) para a definição de modelos de SLA, bem como um protocolo simples – *One-shot* – para anunciar as capacidades dos prestadores de serviços e a criação de acordos entre consumidores e provedores de serviço; e (ii) *WS-Agreement Negotiation* que permite

a adoção de protocolos de negociação de acordos entre consumidores e provedores mais elaborados. As principais diferenças em relação ao WSLA são: (i) a utilização modelos de SLA que podem ser especializados; (ii) a adoção de uma estrutura XML extensível, composta por várias seções, que permite a definição de propriedades e elementos específicos do domínio; e (iii) a inclusão de métricas.

### 3.3.2 Sistemas de Negociação de SLA

Existem múltiplos trabalhos sobre negociação SLA no domínio de *Cloud Computing*, nomeadamente, [59], [60], [61] e [62].

*Amir e Rajkumar* (2015) descrevem um sistema de negociação de máquinas virtuais entre as empresas consumidoras e provedoras. A negociação envolve os seguintes parâmetros: CPU (fixo), disco rígido (fixo), *Random Access Memory* (RAM) (fixo), custo (negociável), disponibilidade (negociável) e tempo (fixo). Neste sistema o preço mais elevado do serviço é alcançado quando o provedor consegue garantir a menor disponibilidade do serviço, aumentando ainda a utilidade do provedor. Os provedores têm limitações temporais para prover os recursos e, se falharem, a sua confiabilidade é afetada. Os convites são enviados em função das confiabilidades das empresas [59]

*Badid* (2013) propõe um sistema de intermediação e negociação de serviços SaaS suportado por um *Service Broker Cloud* (SBC). O SBC, na fase de intermediação, ajuda as empresas consumidoras a encontrar a empresa provedora que melhor satisfaz os seus requisitos assim como, na fase de negociação e provisão do serviço, negocia os termos do SLA e monitoriza o cumprimento do SLA durante a sua execução. Este componente filtra as empresas provedoras em termos da correlação entre o QoS das ofertas e o QoS pretendido pela empresa consumidora [60].

*Henzinger et al.* (2010) desenvolveram a *framework* FlexPRICE (*Flexible Provisioning of Resources in a Cloud Environment*) que cria orçamentos em função dos pedidos efetuados pelas empresas consumidoras. O sistema encontra diferentes horários para executar o pedido e apresenta um conjunto de propostas ao consumidor em termos de preço e tempo de execução. O consumidor escolhe a proposta que mais lhe agrada, ficando a nuvem obrigada a executar o trabalho contratado. Esta abordagem permite que os consumidores escolham as condições de prestação do serviço mais convenientes [61].

*Linlin et al.* (2013) propõem uma *framework* de negociação de PaaS ou IaaS. Inclui um intermediário que recebe as solicitações dos clientes e calcula os orçamentos, tempos de atualização, tempos de processamento e disponibilidades. O intermediário propõe os melhores orçamentos do ponto de vista dos consumidores aos provedores. Caso os provedores não aceitem as propostas, o intermediário ajusta o preço. O cenário de negociação é de um-para-muitos, ou

seja, o intermediário negocia com  $n$  agentes provedores de uma forma bilateral. Esta *framework* não leva em consideração a qualidade do serviço, confiabilidade das empresas ou a criação de relacionamentos de longo prazo [62].

### 3.3.3 Sistemas de Renegociação de SLA

A renovação dos contratos de provisão de serviços de *Cloud Computing* consiste na renegociação dos termos dos SLA existentes em função do comportamento das partes, i.e., levando em conta o historial entre os parceiros. Existem diversos trabalhos neste domínio, designadamente, as abordagens de [63], [64], [65] e [66].

*Parkin et al.* (2008) propõem um protocolo de nível de aplicação entre empresas consumidoras e provedoras de um-para-um, segundo a especificação da OGF WS-Agreement, para a renegociação de contratos SLA. A renegociação permite que uma das partes adapte o contrato atual com o consentimento explícito da outra parte [63].

*Yaqub et al.* (2012) descrevem um protocolo de negociação chamado *Simple Bilateral Negotiation Protocol* (SBNP). Este protocolo é utilizado para renegociar SLA quando uma empresa consumidora ou provedora pretende: (i) reajustar os seus recursos; ou (ii) renegociar um SLA que violou, após ter cumprido as sanções previstas [64].

*Di Modica et al.* (2009) propõem a adoção de *Service Level Objectives* (SLO) modificáveis. Neste caso, os objetivos do nível de prestação do serviço são revisitos e renegociados durante a execução do SLA e os serviços implementados são ajustados dinamicamente de acordo com o SLO [65].

*Brandic et al.* (2009) efetua a renegociação dos contratos quando as garantias de QoS estabelecidas nos SLA em vigor não são cumpridas, em vez de terminar o serviço [66].

## 3.4 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados os quatro tipos de comércio eletrônico existentes – B2C, B2C, B2A e C2A – e foram analisados alguns dos primeiros sistemas multiagente de negociação automática – o AuctionBot, o Fishmarket, Kashba e o Tete-a-Tete – assim como sistemas de negociação e renegociação de contratos eletrônicos de provisão de serviços (SLA) – [59], [60], [61], [62], [63], [64], [65] e [66].

O comércio eletrônico globalizou-se e invadiu os diferentes setores da atividade económica. O B2B engloba todas as transações eletrónicas efetuadas entre empresas. Este tipo de comércio desenvolve-se em 3 grandes áreas: *e-Marketplace*, o *e-Procurement* e o *e-Distribution*. O B2C corresponde ao tipo de transação

estabelecida entre uma organização/empresa e o consumidor final. Por fim, B2A e C2A são direcionadas para a Administração Pública. O B2C envolve transações entre empresas e a Administração Pública, e o C2A entre indivíduos e a Administração Pública. A plataforma CloudAnchor é um sistema B2B.

No âmbito dos sistemas de comércio eletrônico destacam-se, pelo seu pioneirismo, os sistemas multigente de negociação automática AuctionBot, Kashba, Fishmarket e Tete-a-Tete. Em termos de protocolos de negociação, o AuctionBot é o sistema multiagente concebido para realizar experiências no domínio do mercado retalhista (B2C), que implementa diversos protocolos de negociação do tipo leilão, nomeadamente, o Leilão de Vickrey, Leilão Inglês, Leilão Holandês e o Leilão Duplo. O FishMarket, que é um sistema de comércio eletrônico do tipo B2B, apenas suporta o Leilão Holandês. O Kasbah é um sistema B2C de comércio *online* que implementa o protocolo CDA. Por último, o Tete-a-Tete, que constitui um exemplo de B2C, utiliza um protocolo de negociação bilateral de um para um. A plataforma CloudAnchor adota diferentes o protocolos de negociação bilateral um para um, no caso dos bSLA, e um para muitos, no caso dos cSLA e rSLA. O AuctionBot, Kashba e Fishmarket negociam com base num único atributo - o preço - enquanto O *Tete-a-Tete* negocia com base em múltiplos atributos. A plataforma CloudAnchor negocia três tipos de contratos – bSLA, cSLA e RSLA – com base no preço, credibilidade das empresas e duração dos contratos.

Em termos dos sistemas de negociação e renegociação de SLA analisados, o sistema de negociação de SLA proposto por *Amir e Rajkumar* (2015) [59] e o [64] que suporta a renegociação de SLA são os que apresentam mais semelhanças com a plataforma CloudAnchor. A principal diferença reside no facto do CloudAnchor, para além de possuir diferentes tipos de contratos, efetuar a renegociação dos contratos de intermediação com base no historial da empresa apenas quando eles terminam, resultando em taxas de intermediação inalteradas, bonificadas ou penalizadoras. Os sistemas estudados, renegociam os termos dos contratos durante a sua vigência.

No próximo capítulo é apresentado o desenvolvimento do sistema.



## Capítulo 4

---

# Desenvolvimento do Sistema

---

*Neste capítulo descreve-se a representação do conhecimento, a arquitetura da plataforma e o mecanismo de negociação e renegociação de bSLA desenvolvido.*

### 4.1 Representação do Conhecimento

A representação do conhecimento do domínio foi efetuada através da construção de ontologias.

#### 4.1.1 Ontologia da Plataforma

Na Figura 4.1, estão representados os principais conceitos da ontologia. Os conceitos representados estão agrupados por dados dos agentes (*AgentData*), protocolos de negociação (*Protocols*), ações dos agentes (*AgentAction*) e agentes (*Agent*).

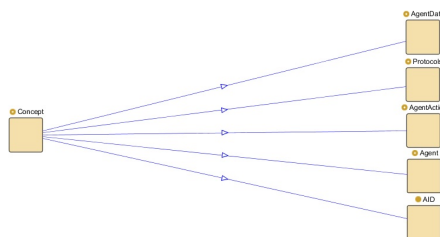


Figura 4.1: *CloudBrokeragePlatformOntology: Concept*.

Na Figura 4.2, apresentam-se os conceitos representados e processados pelos agentes e que se encontram agrupados sob o conceito *AgentData*.

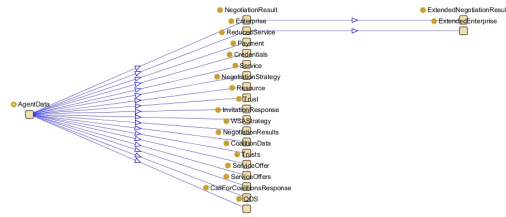


Figura 4.2: *CloudBrokeragePlataformOntology: AgentData.*

O conceito *Protocols* agrupa os protocolos de negociação utilizados (*WS-Agreement Negotiation* e *Foundation for Intelligent Physical Agents* (FIPA)), como se apresenta na Figura 4.3. Estes protocolos são usados na negociação dos cSLA e rSLA. Estas especificações são, no nosso caso, implementadas em cima da FIPA para minimizar a latência de comunicação entre as partes.

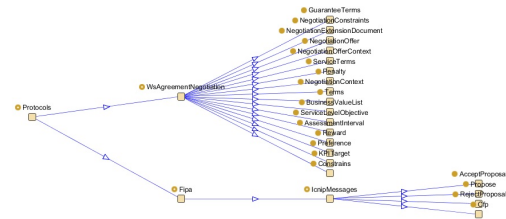


Figura 4.3: *CloudBrokeragePlataformOntology: Protocols.*

Como é possível observar na imagem anterior, no conceito *WS-Agreement Negotiation* estão os termos de garantia, restrições da negociação, ofertas de negociação, termos do serviço, penalizações, recompensas, entre outros. No conceito FIPA, apresentam-se as propostas. Essas propostas podem ser aceites ou rejeitadas.

O conceito genérico *AgentAction* contém a definição do conjunto dos diferentes tipos de ações que os agentes expõem, como se apresenta na Figura 4.4. Estas ações poderão ser as seguintes: (i) Criação do agente; (ii) Eliminação do agente; (iii) Renegociação; (iv) Reversão do serviço; (v) Notificações; e (vi) Convites.



Do conjunto das classes, a mais importante é a *CloudBrokeragePlatformOntology* que especifica o vocabulário utilizado, os resultados da invocação das diferentes ações e os conceitos da ontologia. A Figura apresenta um excerto da classe *CloudBrokeragePlatformOntology*.

```

612 public static final String PENALTY_VALUEEXP="valueexp";
613 public static final String PENALTY_VALUEUNIT="valueunit";
614 public static final String PENALTY_ASSESSMENTINTERVAL="assessmentinterval";
615 public static final String PENALTY="penalty";
616 public static final String ENTERPRISEAGENT="enterpriseagent";
617 public static final String INTERFACEVIRTUALPROVIDER_ENTERPRISE="interfacevirtualprovider";
618 public static final String INTERFACEVIRTUALPROVIDER="interfacevirtualprovider";
619 public static final String PROPOSE_AGREEMENTRESPONDER="agreementresponder";
620 public static final String PROPOSE_REQUESTSERVICE="requestservice";
621 public static final String PROPOSE_MULTIPLIER="multiplier";
622 public static final String PROPOSE_AVAILABLESERVICEOPTIME="availableserviceoptime";
623 public static final String PROPOSE_ACTION="action";
624 public static final String PROPOSE_AVAILABLESERVICEID="availableserviceid";
625 public static final String PROPOSE="propose";
626
627 /**
628  * Constructor
629  */
630 private CloudBrokeragePlatformOntology() {
631     super(ONTOLGY_NAME, BaseConceptSchema.getInstance());
632     try {
633         // adding Concepts
634         ConceptSchema proposeSchema = new ConceptSchema(PROPOSE);
635         add(proposeSchema, cloud.brokerage.platform.ontology.Propose.class);
636         ConceptSchema interfaceVirtualProviderSchema = new ConceptSchema(INTERFACEVIRTUALPROVIDER);
637         add(interfaceVirtualProviderSchema, cloud.brokerage.platform.ontology.InterfaceVirtualProvider.class);
638         ConceptSchema enterpriseAgentSchema = new ConceptSchema(ENTERPRISEAGENT);
639         add(enterpriseAgentSchema, cloud.brokerage.platform.ontology.EnterpriseAgent.class);
640         ConceptSchema penaltySchema = new ConceptSchema(PENALTY);
641         add(penaltySchema, cloud.brokerage.platform.ontology.Penalty.class);
642         ConceptSchema delegateConsumerSchema = new ConceptSchema(DELEGATECONSUMER);
643     }

```

Figura 4.7: Excerto Código da classe *CloudBrokeragePlatformOntology*.

## 4.2 Plataforma CloudAnchor

A plataforma de intermediação e transação de recursos IaaS entre empresas foi desenvolvida no âmbito do projeto de desenvolvimento e inovação CloudAnchor financiado pela Agência Portuguesa para a Inovação. O projeto foi dedicado ao desenvolvimento de um sistema de suporte à comercialização de recursos IaaS provenientes de fornecedores individuais ou de federações de fornecedores. Integra, entre outros componentes, uma plataforma de intermediação e comercialização, incluindo a pesquisa de parceiros e a negociação de recursos em nome das partes interessadas e de forma automática.

A plataforma oferece serviços de descoberta de parceiros, de negociação de recursos individuais e/ou federados (*SLA negotiation* e *SLA establishment*) e de monitorização dos SLA. As empresas (clientes e fornecedores) e a plataforma constroem modelos de confiança nos seus pares para apoiar a negociação dos SLA.

Com efeito, a confiança é uma propriedade de relações diretas (um-para-um), subjetiva e pessoal. No contexto empresarial, é atribuída pela empresa consumidora à empresa provedora de serviços e vice-versa. Normalmente, a confiança é baseada no historial partilhada entre as duas empresas, ou seja, o resultado das interações passadas é utilizada para uso futuro. Já a reputação é obtida a partir de terceiros e pode ser usada para caracterizar novos parceiros de negócios ou para complementar a confiança construída. De acordo com Castelfranchi [67], a confiança implica uma decisão de confiar em alguém.

Pinyol e Sebater (2013) [68] classificam e parametrizam a reputação e modelos de confiança em seis dimensões: (i) o tipo de paradigma, ou seja, se o modelo é cognitivo ou numérico; (ii) as fontes de informação; (iii) a visibilidade, isto é, se a confiança pode ser observada por outros agentes; (iv) a granularidade, isto é, o contexto das informações de confiança; (v) o comportamento do agente, isto é, se engana; e (vi) o tipo de informações trocadas com outros agentes. Huynh et al. (2006) [69] apresentam um modelo de confiança e reputação baseada em funções onde os agentes são assumidos como comunicadores honestos. Este modelo baseia-se em experiências diretas e informações testemunha. Teacy et al. (2006) [70] propõem um modelo de confiança e reputação de organizações virtuais baseados em agentes. Baseia-se também numa teoria da probabilidade e interações passadas para calcular a confiança. Quando a informação é escassa, o modelo pode recolher informações sobre a reputação de terceiros. Aref e Tran (2015) [6] propõem um modelo de confiança descentralizado, que usa um conjunto de testemunhas para reunir informações de confiança indireta. Além disso, os autores combinam uma técnica de suspensão com reforço de aprendizagem para melhorar a capacidade de resposta do modelo.

Na plataforma CloudAnchor foi construído um modelo de confiança entre pares distribuído e descentralizado baseado nas interações diretas entre as partes interessadas (*stakeholders*) – consumidor, fornecedor e plataforma. Este modelo é aplicado quando os consumidores convidam os potenciais fornecedores, os fornecedores avaliam os convites para negociar e quando os consumidores escolhem a melhor proposta do fornecedor durante a negociação. O modelo é construído a partir do resultado de três etapas: (i) convite/aceitação do parceiro, (ii) negociação SLA e (iii) execução SLA. Este modelo, é reutilizado neste documento para a renegociação de bSLA.

### 4.2.1 Arquitetura

A arquitetura geral do CloudAnchor é apresentada na Figura 4.8 e inclui uma camada de intermediação – *broker* – uma camada de abstração (*Deltacloud framework*) e as diferentes plataformas de provedores IaaS.

#### 4.2.1.1 Abstração e Interoperabilidade

O objetivo da camada de abstração, que é composta pela estrutura *Deltacloud*, é ultrapassar a falta de interoperabilidade, *vendor lock-in*, questões de terminologia e métodos de autenticação distintos, ao expor uma API comum para gestão de recursos em diferentes nuvens IaaS. Contudo, poderiam existir outras soluções de abstração, por exemplo, o *jCloud* e o *LibCloud*, que são bibliotecas padrão de programação. Porém, e ao contrário de *DeltaCloud*, estas não integram ferramentas de desenvolvimento adicionais. Assim, o *Deltacloud* expõe bibliotecas

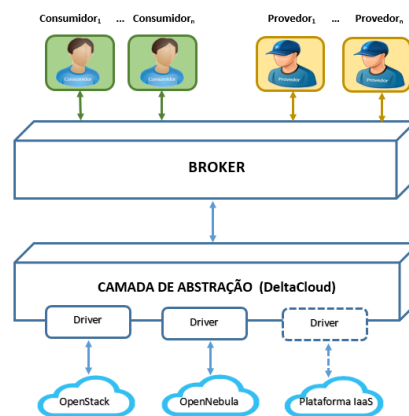


Figura 4.8: Abordagem CloudAnchor.

de interface amplamente utilizadas, e.g., *Cloud Infrastructure Management Interface* (CIMI) API e AWS EC2 API, tornando o projeto global de desenvolvimento mais completo. Também fornece documentação para o desenvolvimento de novos controladores para integrar plataformas *IaaS* não suportados.

#### 4.2.1.2 Intermediação e Negociação

A arquitetura da plataforma de intermediação onde foi desenvolvido este trabalho é apresentada na Figura 4.9. Esta arquitetura é organizada em quatro camadas: (i) camada de interface; (ii) camada de SLA; (iii) camada de empresa; e (iv) camada de mercado, e é composta por cinco tipos de agentes especializados dedicados: (i) agentes de interface; (ii) agentes SLA; (iii) agentes empresariais; (iv) agentes delegados de mercado; e (v) agentes de gestão de camadas (interface, SLA, empresa e mercado) responsáveis pela gestão das camadas correspondentes.

De seguida, é realizada uma breve análise das diferentes camadas e realiza nos próximos pontos:

- A *camada de interface* é constituída pelos agentes de interface das empresas que são responsáveis pela comunicação entre a empresa e os agentes da empresa na plataforma;
- A *camada de SLA* é constituída pelos agentes SLA das empresas que gerem os respetivos SLA;
- A *camada de empresa* destina-se a modelar as empresas, isto é, alberga os agentes que representam as empresas. O agente da empresa armazena a informação submetida pelo utilizador, adota o comportamento definido e reporta os resultados sempre que solicitado;

- A *camada de mercado* é constituída pelos agentes de mercado que negociam os recursos em nome das respetivas empresas (consumidora ou fornecedora). Na camada de mercado estão implementados os protocolos de negociação FIPA *Contract Net Interaction Protocol* (CNIP), *Iterated Contract Net Interaction Protocol* (ICNIP) e a variante Fixed ICNIP (FICNIP) com diferentes táticas de adaptação de preço: linear, exponencial, aleatória, quadrática e preço fixo. As táticas são definidas pelo agente da empresa.

Em suma, cada empresa (consumidora ou provedora) está representada na plataforma pelo correspondente: (i) agente de interface localizado na camada de interface; (ii) agente SLA localizado na camada de SLA; (iii) agente de empresa localizado na camada de empresa; e (iv) um número indeterminado de agentes delegados efémeros envolvidos nas negociações de recursos específicos na camada de mercado. Estes agentes são identificados por um código de negociação, evitando que terceiros se intrometam nas negociações em curso.

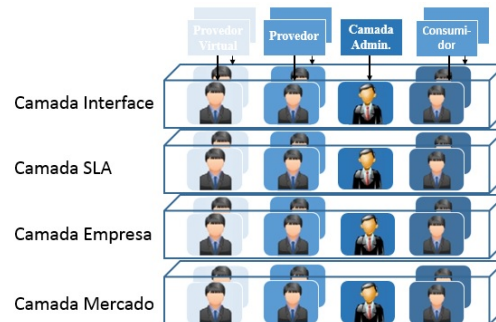


Figura 4.9: Abordagem CloudAnchor [71].

Em termos de tecnologias padrão, a plataforma adota: (i) interfaces REST WS padrão para a interação com as empresas provedoras e consumidoras (através dos agentes de interface dedicados); (ii) *Business Process Model and Notation* (BPMN) para definir o comportamento da empresa dentro da plataforma; (iii) especificações padrão para a representação de *Service Level Agreements* (SLA); e (iv) protocolos de negociação padrão de SLA. A plataforma é aberta (ou seja, fornecedores e consumidores podem registar-se e cancelar o registo como pretendem), modular (ou seja, as funcionalidades podem ser adicionados e removidos como pretendem), e escalável (isto é, a plataforma pode ser distribuída por vários nós de computação) [71].

#### 4.2.2 Service Level Agreements

A plataforma de intermediação CloudAnchor adota as especificações *WS-Agreement* e *WS-Agreement Negotiation* para suportar, respetivamente, a negociação auto-

mática dos contratos de intermediação entre as empresas e a plataforma – *brokerage* SLA (bSLA) – e a negociação automática dos contratos entre empresas relativos à provisão de recursos – *resource* SLA – e ao estabelecimento de ligações para a provisão de recursos – *coalition* SLA. No caso particular deste trabalho, adicionou-se ao *WS-Agreement Negotiation* o suporte à família de protocolos de negociação *multi-round* da *FIPA Contract Net Interaction Protocol* (CNIP). Os modelos dos bSLA, cSLA e rSLA são especializações do modelo geral dos SLA do *WS-Agreement* – Figura 4.10.

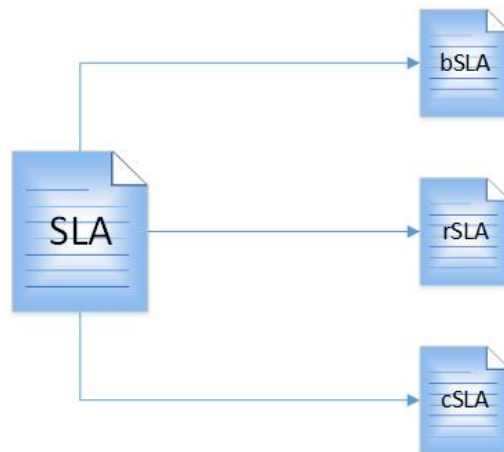


Figura 4.10: Hierarquia SLA.

Os contratos de intermediação (bSLA) definem os termos do fornecimento dos serviços da plataforma a cada empresa. Os contratos de recursos (rSLA) especificam os termos de fornecimento dos recursos entre empresas. Por último, os contratos de coligação/federação (cSLA) detalham os termos de fornecimento de serviços coligados da plataforma entre empresas que formam uma coligação. Estes são negociados, criados e extinguidos na plataforma. Analisando os tipos de relações, o bSLA estabelece uma de um-para-um, ou seja, entre uma empresa e a plataforma de intermediação. Tal como o anterior, o rSLA estabelece uma relação de um-para-um entre um consumidor e uma empresa provedora. Já o cSLA estabelece uma relação diferente dos anteriores, sendo esta de um-para-muito entre um provedor virtual e uma coleção de provedores.

A prestação de um recurso resulta em vários pagamentos: (i) o consumidor paga ao provedor a taxa de fornecimento de recursos estabelecida; (ii) o fornecedor paga à plataforma da taxa de intermediação concedida; e (iii) o consumidor paga a plataforma da taxa de intermediação negociada. No caso de um recurso federado, existe uma taxa de intermediação adicional que os prestadores federados pagam à plataforma. De acordo com os termos do SLA padrão, se uma empresa não cumprir um SLA estabelecido, ela reembolsa o parceiro.

### 4.2.3 Confiança

A plataforma cria e mantém um modelo de confiança entre pares descentralizado a partir das últimas interações diretas entre as partes interessadas (parceiros de negócios). Cada entidade (consumidor, provedor, plataforma e provedor virtual) constroem modelos locais com base na interações comuns passadas, i.e, a proporção de convites aceites, negociações e contratos SLA falhados. Enquanto que, os provedores, os consumidores e os provedores virtuais constroem um modelo de confiança parcial dos seus pares, a plataforma encontra-se numa posição única, uma vez que mantém um modelo de confiança global e completa de todas as empresas. O modelo de confiança suporta todas as etapas de intermediação: convite do provedor (I), Negociação SLA (N) e execução do SLA (E). Cada agente de empresa constrói modelos dos parceiros correspondentes. Por omissão, no arranque, as empresas são totalmente confiáveis. Para uma determinada fase de intermediação  $S$ , a confiabilidade dinâmica atribuída localmente pela empresa (a) a um parceiro (b) é dada pela Equação 4.1:

**Equação 4.1:** Confiabilidade dinâmica local

$$T_S(a, b)_n = \frac{n-1}{n} * T_S(a, b)_{n-1} + \frac{1}{n} * Out_{S,n} \quad (4.1)$$

onde  $n$  é o número de iterações do tipo  $S$  realizadas entre as empresas  $a$  e  $b$ , e  $Out_{S,n}$  o valor booleano da última iteração do tipo  $S$  – sucesso (1) ou falha (0). Cada agente de negociação, baseado na Equação 4.1, cria modelos locais dos parceiros em relação aos diferentes tipos de interação: convite (*invitation I*), negociação do SLA (*negotiation N*) e aplicação do SLA (*enforcement E*). No caso do convite,  $T_I(a, b)_n$  corresponde ao rácio entre os convites aceites e o número total de convites efetuados pela empresa; no caso da negociação,  $T_N(a, b)_n$  é o rácio entre os contratos SLA estabelecidos e o número total de SLA negociados com a empresa; e no caso do *enforcement*,  $T_E(a, b)_n$  é o rácio entre os contratos SLA falhados e o número total de contratos estabelecidos com a empresa.

Adicionalmente, as empresas mantêm os seus auto-modelos  $I$ ,  $N$  e  $E$ . A Equação 4.2 apresenta, para cada tipo de interação  $S$ , a auto-confiança da empresa:

**Equação 4.2:** Auto-confiança da empresa

$$T_S(a)_n = \frac{\sum_{i=1}^n Out_{S,i}}{n} \quad (4.2)$$

onde  $a$  representa a empresa,  $n$  o número total de interações do tipo  $S$  da empresa na plataforma e  $Out_{S,i}$  o valor booleano da última interação do tipo  $S$ .

#### 4.2.4 Negociação de Contratos

A plataforma CloudAnchor negocia o estabelecimento de rSLA, bSLA e cSLA. Uma empresa que pretenda aderir e beneficiar dos serviços da plataforma, necessita, primeiramente, de estabelecer um bSLA com a plataforma. A estratégia de negociação é armazenada no Agente SLA da empresa correspondente e a negociação com a plataforma adota um protocolo bilateral – protocolo *One-shot* – privado, restrito e multidimensional (*uptime*, preço e confiança). No caso de um consumidor, a bSLA implica que ele deve convidar todos os provedores confiáveis para negociação com recursos correspondentes as suas necessidades (perfis de recursos IaaS). O provedor bSLA implica que ele deve aceitar todos os convites de negociação de recurso emitidos pelos consumidores confiáveis. Para a plataforma, a bSLA estipula o nível de serviço de intermediação. Um provedor pode rejeitar um convite e um consumidor não pode convidar um provedor para a negociação, se eles não são confiáveis. Para um determinado consumidor ou provedor, um ponto é confiável quando sua a confiabilidade local é superior à média de confiança local do conjunto de pares sob consideração.

Para negociações de rSLA e cSLA, a plataforma CloudAnchor implementa uma família de protocolos estruturados, bilaterais, competitivos e restritos (por convite) baseados no FIPA *Contract Net*. No caso particular do CloudAnchor, a negociação é multidimensional (*uptime*, preço e confiança) e iterativa.

##### 4.2.4.1 (Re)Negociação de Contratos de Intermediação

A Figura 4.11 ilustra a negociação de um bSLA, na qual usa o protocolo bilateral de negociação *One-shot*. Esta negociação envolve o Agente SLA da empresa que atua como iniciador processo de negociação e o Agente SLA da Plataforma que faz o papel de representante da plataforma.

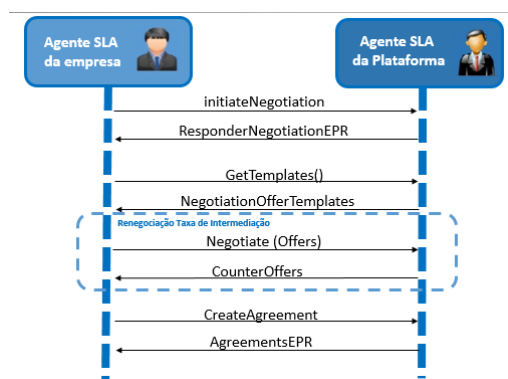


Figura 4.11: Negociação bSLA.

Assim, o processo de negociação é acionado pelo Agente SLA da empresa.



renegociar o seu contrato e estender a sua duração, sendo calculada uma nova taxa de intermediação com base no historial da empresa. Assim, o cálculo da nova taxa, por parte dos provedores ou consumidores, a propor ao Agente SLA da plataforma ocorre na camada de SLA. Esta nova taxa é resultado da combinação dos seguintes dados: (i) o desconto em função da duração do contrato bSLA; (ii) o desconto em relação ao número de recursos negociados até ao momento; (iii) a taxa de sucesso da negociação; e (iv) a credibilidade da empresa.

Num primeiro passo, aplica-se a Equação 4.3, função exponencial, que permite determinar o desconto em relação à duração do contrato bSLA.

**Equação 4.3:** Desconto parcial função da duração do bSLA

$$Disc(id, t) = \frac{1}{1.109 * \log_{10}(10\sqrt{t})} + 0.134 \quad (4.3)$$

onde  $id$  é o identificador do consumidor ou provedor e  $t$  é a duração do contrato bSLA em dias.

A Figura 4.13 ilustra graficamente possíveis resultados da aplicação da Equação 4.3 e a Tabela 4.1 apresenta alguns dos valores resultantes.

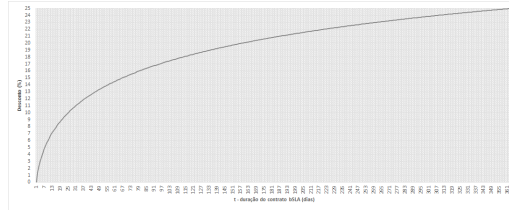


Figura 4.13: Desconto mediante a duração do bSLA.

Tabela 4.1: Desconto parcial em função da duração do contrato bSLA: exemplos.

Duração bSLA (d)	Desconto (%)
1	0,00
2	1,31
5	3,68
10	6,03
15	7,64
30	10,80
100	17,28
200	31,38
365	25,00

Da análise destes valores, é possível verificar que quando maior for a duração do contrato maior será o desconto, sendo que, o desconto máximo admitido é de 25 % para contratos com duração superior a 364 dias. Nos testes à plataforma, foram simulados contratos bSLA com duração fixa de 30 dias.

Num segundo passo, o cálculo do desconto em função do número de recursos requisitados/fornecidos é realizado por escalões – Equação 4.4. Por outras palavras, se o número de recursos variar entre 1 e 100 não existe qualquer desconto, se for entre 101 e 500 terá um desconto de 20 %, se for entre 501 e 1000 o desconto será de 25 %, se for entre 1001 e 2500 o desconto será de 27 % e, por fim, para valores superiores a 1000 recursos o desconto é de 30 %.

**Equação 4.4:** Desconto parcial função do número de recursos negociados

$$Disc(id, \#rSLA) = \begin{cases} 0,00 & 0 < \#rSLA_{Tot} \leq 100 \\ 0,20 & 100 < \#rSLA_{Tot} \leq 500 \\ 0,25 & 500 < \#rSLA_{Tot} \leq 1000 \\ 0,27 & 1000 < \#rSLA_{Tot} \leq 2500 \\ 0,30 & \#rSLA_{Tot} \geq 2500 \end{cases} \quad (4.4)$$

onde  $id$  é o identificador da empresa consumidora ou provedora e  $\#rSLA_{Tot}$  é o número de recursos negociados pela empresa desde que se registou na plataforma.

Num terceiro passo, é calculado o sucesso do provedor ou consumidor na plataforma. A Equação 4.5 apresenta esse cálculo.

**Equação 4.5:** Sucesso da empresa na plataforma

$$Suc(id) = \frac{\#rSLA_{Suc}}{\#rSLA_{Tot}} \quad (4.5)$$

onde  $id$  é o identificador da empresa consumidora ou provedora, o  $\#rSLA_{Suc}$  é o número total de contratos rSLA com sucesso, *i.e.*, cumpridos, e  $\#rSLA_{Tot}$  é o número total de contratos celebrados, *i.e.*, inclui os contratos cumpridos e os falhados.

Num quarto passo, é calculada a credibilidade de um Agente SLA da empresa – Equação 4.6. A credibilidade está definida como a média aritmética simples entre o sucesso e a confiança que o Agente SLA da empresa constrói ao longo das negociações.

**Equação 4.6:** Credibilidade da empresa na plataforma

$$Cred(id) = \frac{Trust(id) + Suc(id)}{2} \quad (4.6)$$

onde  $id$  é o identificador da empresa consumidora ou provedora,  $Trust(id)$  é o valor da autoconfiança da empresa e  $Suc(id)$  o valor do sucesso da empresa na plataforma.

Num quinto passo, é calculado o desconto final que vai ser aplicado à taxa de intermediação da negociação anterior, como ilustrado na Equação 4.7.

**Equação 4.7:** Desconto a aplicar à taxa de intermediação da empresa

$$Disc(id, t, \#rSLA) = Cred(id) * \frac{Disc(id, t) + Disc(id, \#rSLA)}{2} \quad (4.7)$$

onde  $id$  é o identificador da empresa consumidora ou provedora,  $\#rSLA$  é o número de contratos rSLA,  $Cred(id)$  é a credibilidade da empresa na plataforma,  $Disc(id, t)$  o desconto em função da duração do bSLA e  $Disc(id, \#rSLA)$  o desconto em função do número de recursos negociados.

Por fim, a Equação 4.8, apresenta o cálculo da nova taxa de intermediação a propor à plataforma.

**Equação 4.8:** Taxa de intermediação –  $bFee$  – a propor à plataforma

$$bFee(id, t, \#rSLA) = bFee_{default} * (1 - Disc(id, t, \#rSLA)) \quad (4.8)$$

onde  $bFee_{default}$  é a taxa de intermediação de base (2,00%) e  $disc(id, t, \#rSLA)$  é o desconto final determinado através da Equação 4.7.

### Agente SLA da Plataforma

O agente SLA da empresa recebe as propostas de taxas para o seu serviço de intermediação na negociação das empresas. Estas propostas são analisadas através de um conjunto de condições que se encontram disponíveis na Tabela 4.2 para os consumidores e na Tabela 4.3 para os provedores.

Para ilustrar a análise efetuada pela plataforma apresenta-se um exemplo da renegociação do bSLA de um consumidor. Se a plataforma receber uma proposta de taxa de intermediação de 1,4% de um consumidor com uma confiança de 0.75 e que já adquiriu 2000 recursos, aplica a condição 10 da Tabela 4.2. Segundo esta condição, o valor da taxa de intermediação varia entre [1,5%; 1,7%], sendo esta taxa calculada com base no número de recursos que o consumidor já comprou. Fazendo o cálculo, resulta uma taxa de intermediação de 1,6%, superior ao valor proposto pelo consumidor. Assim, a plataforma envia uma contra-oferta com o novo valor, que o consumidor pode aceitar ou rejeitar. Se a plataforma receber uma proposta superior a 1,6%, aceita-a imediatamente.

Tabela 4.2: Condições de análise da taxa de intermediação para os consumidores na plataforma.

Condição	Confiança	Nr. Recursos	<i>bFee</i> (%)
1	1,00	0	2,00
2	[0, 35; 1,00[	0	3,00
3	1,00	[1; 1000[	[1, 70; 2,0]
4	1,00	[999; 3000]	[1, 20; 1, 40]
5	1,00	> 3000	1,10
6	[0, 85; 1,00[	[999; 3000]	[1, 30; 1, 50]
7	[0, 85; 1,00[	> 3000	1.15
8	[0, 70; 0, 85[	[999; 3000]	[1, 50; 1, 70]
9	[0, 70; 0, 85[	> 3000	1,35
10	[0, 50; 0, 70[	[999; 3000]	[1, 70; 2, 00]
11	[0, 50; 0, 70[	> 3000	1,45
12	[0, 40; 1,00[	< 500	[2, 00; 3, 00]
13	[0, 40; 1,00[	[500; 999[	[1, 50; 2, 50]
14	[0, 35; 0, 50[	[999; 3000]	[2, 50; 3, 00]
15	[0, 35; 0, 50[	> 3000	2,10
16	[0; 0, 35[	—	3,50

Tabela 4.3: Condições de análise da taxa de intermediação para os provedores na plataforma.

Condição	Confiança	Nr. Recursos	<i>bFee</i> (%)
1	1,00	0	2,00
2	[0, 35; 1,00[	0	3,00
3	1,00	< 1000	[1, 70; 2,0]
4	1,00	[1000; 3000]	[1, 20; 1, 40]
5	1,00	> 3000	1,10
6	[0, 85; 1,00[	< 1000	[1, 50; 2, 00]
7	[0, 85; 1,00[	[1000; 3000]	[1, 30; 1, 50]
8	[0, 85; 1,00[	> 3000	1.15
9	[0, 70; 0, 85[	< 1000	[1, 70; 2, 00]
10	[0, 70; 0, 85[	[1000; 3000]	[1, 50; 1, 70]
11	[0, 70; 0, 85[	> 3000	1,35
12	[0, 50; 0, 70[	< 1000	[2, 00; 2, 50]
13	[0, 50; 0, 70[	[1000; 3000]	[1, 70; 2, 00]
14	[0, 50; 0, 70[	> 3000	1,45
15	[0, 35; 0, 50[	< 1000	[2, 50; 3, 00]
16	[0, 35; 0, 50[	[1000; 3000]	[2, 50; 3, 00]
17	[0, 35; 0, 50[	> 3000	2,10
18	[0; 0, 35[	—	3,50

#### 4.2.4.2 Negociação de Contratos de Provisão de Recursos

A fase de convite/aceitação seleciona, do lado do consumidor, quais os provedores que serão convidados e, no lado do provedor, quais os convites que serão aceites. Os consumidores selecionam e convidam os melhores candidatos provedores para uma negociação através da aplicação de um filtro em cascata baseado no *enforcement*, negociações e convites dos potenciais fornecedores. Os provedores aceitam os convites dos consumidores, através da aplicação de um filtro de cascata com base no *enforcement* e confiabilidade das negociações dos potenciais consumidores. O algoritmo de convite do provedor (Algoritmo 1) procura os provedores (linha 1) para o registo no serviço, calcula o limite de aceitação para cada filtro (linha 2, 6 e 12) e implementa o filtro com base em  $T_E$  (linhas 3-5), o filtro com base em  $T_N$  (linhas 7-11) e um filtro com base em  $T_I$  (linhas 11-13). O Algoritmo 2 determina, no lado do provedor, qual o convite do consumidor que deve aceitar através do cálculo das médias dos *enforcement* e confiabilidade da negociação –  $\overline{T_E}$  (linha 2) e  $\overline{T_N}$  (linha 3) – de todos os clientes do provedor e verifica que  $T_E(p, c) \geq \overline{T_E}$  e  $T_N(p, c) \geq \overline{T_N}$ , onde  $p$  representa o provedor e  $c$  o consumidor.

##### Algoritmo 1 Procura e Convite

---

```

1:  $L[n] \leftarrow \text{LookUp}$ 
2:  $\overline{T_E} \leftarrow \text{Calc}T_E\text{Mean}(L[n])$ 
3: for  $p = 0; p < n; p++$  do
4:   if  $L[p].T_E(c, p) \geq \overline{T_E}$  then
5:      $L_E[p] \leftarrow L[p]$ 
6:    $\overline{T_N} \leftarrow \text{Calc}T_N\text{Mean}(L_E[m])$ 
7:   for  $p = 0; p < m; p++$  do
8:     if  $L_E[p].T_N(c, p) \geq \overline{T_N}$  then
9:        $L_N[p] \leftarrow L_E[p]$ 
10:   $\overline{T_I} \leftarrow \text{Calc}T_I\text{Mean}(L_N[l])$ 
11:  for  $p = 0; p < l; p++$  do
12:    if  $L_N[p].T_I(c, p) \geq \overline{T_I}$  then
13:       $L_I[p] \leftarrow L_N[p]$ 
14:  return  $L_I[p]$ 

```

---

##### Algoritmo 2 Aceitação

---

```

1:  $L[c] \leftarrow \text{ClientConsumerList}$ 
2:  $\overline{T_E} \leftarrow \text{Calc}T_E\text{Mean}(L[c])$ 
3:  $\overline{T_N} \leftarrow \text{Calc}T_N\text{Mean}(L[c])$ 
4: if  $T_E(p, c) \geq \overline{T_E}$  then
5:   return accept
6: return reject

```

---

Importa salientar que cada consumidor ou provedor pode participar em várias negociações em simultâneo na camada de mercado através do lançamento de múltiplos agentes delegados, i.e., uma empresa pode negociar vários recursos simultaneamente.

## 4.3 Conclusão

A plataforma CloudAnchor oferece serviços de intermediação para provedores e consumidores de IaaS, permitindo a negociação e transação de recursos de fornecedores individuais ou coligados. A plataforma contempla a negociação e criação de três tipos de SLA – bSLA, rSLA e cSLA – suportada por um modelo de confiança entre pares. Este modelo tem em conta todas as interações passadas, incluindo convites do provedor, a negociação e a prestação dos recursos. Com

este trabalho, passou a incorporar, um mecanismo de renegociação dos bSLA baseado no modelo de confiança e no sucesso dos negócios realizados no âmbito da plataforma.

A renegociação dos contratos bSLA foi implementada na camada de SLA e permite às empresas provedoras ou consumidoras renegociar, após o término, os seus contratos de intermediação automática (bSLA). Aquando da renegociação dos contratos bSLA, as empresas propõem uma nova taxa de intermediação à plataforma. Essa taxa de intermediação é calculada de acordo com a duração do contrato, número acumulado de recursos transacionados, o sucesso e a confiança da empresa na plataforma. A plataforma avalia a proposta em função da confiança e do número de recursos transacionados pela empresa, aceitando-a ou efetuando uma contra-oferta que a empresa pode aceitar ou rejeitar, encerrando o processo da renegociação.

No capítulo seguinte detalha-se o conjunto de testes efetuado às funcionalidades do sistema e analisam-se os resultados obtidos.



## Capítulo 5

---

# Testes e Resultados

---

*Neste capítulo descrevem-se os testes realizados para verificar o impacto do mecanismo de renegociação dos bSLA e analisam-se os resultados em termos do valor da taxa de intermediação e do preço médio dos recursos.*

### 5.1 Introdução

Os testes à plataforma de intermediação de serviços de *Cloud Computing* foram definidos de modo a poder-se analisar quais os comportamentos das taxas de intermediação para os diversos cenários de configuração das empresas. A Tabela 5.1 apresenta um resumo das experiências realizadas.

Tabela 5.1: Experiências realizadas.

Teste	Renegociação	Confiança		Recursos	Empresas	
		(Cons.)	(Prov.)		(Cons.)	(Prov.)
CCV	Não	Variável	Fixo	Equilíbrio	5	50
	Sim	Variável	Fixo	Equilíbrio	5	50
PCV	Não	Fixo	Variável	Equilíbrio	5	50
	Sim	Fixo	Variável	Equilíbrio	5	50
CPCV	Não	Variável	Variável	Equilíbrio	5	100
	Sim	Variável	Variável	Equilíbrio	5	100
CCVE	Não	Variável	Fixo	Excesso	5	100
	Sim	Variável	Fixo	Excesso	5	100
PCVE	Não	Fixo	Variável	Excesso	5	100
	Sim	Fixo	Variável	Excesso	5	100
CPCVE	Não	Variável	Variável	Excesso	50	100
	Sim	Variável	Variável	Excesso	50	100

## 5.2 Consumidores de Confiança Variável

A experiência com os Consumidores com Confiança Variável (CCV) foi realizada através da introdução de 5 consumidores (C\_501, C\_502, C\_503, C\_504 e C\_505) e 50 provedores. Os consumidores pretendem adquirir 1000 recursos cada e cada provedor possui 100 recursos para prover.

Com efeito, as empresas provedoras foram definidas para não falharem no provimento dos recursos, ou seja, são totalmente confiáveis. Já as empresas consumidoras foram configuradas da seguinte forma: o C\_501 com uma confiança de 20%, o C\_502 com uma confiança de 40%, o C\_503 com uma confiança de 60%, o C\_504 com uma confiança de 80% e, por fim, o C\_505 com uma confiança de 100%. O conjunto das empresas provedoras tem capacidade para responder a 5000 pedidos de recursos. Por outro lado, as empresas consumidores pretendem adquirir o total de recursos disponíveis, o que origina um cenário de equilíbrio de recursos.

Os valores de configuração de ambas as empresas são apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Teste CCV – Configurações as empresas consumidoras e provedoras.

	ID	Confiança (%)	#VM
<b>Consumidores</b>	C_501	20	1000
	C_502	40	1000
	C_503	60	1000
	C_504	80	1000
	C_505	100	1000
<b>Grupos de Provedores</b>	GP_020	100	100
	GP_040	100	100
	GP_060	100	100
	GP_080	100	100
	GP_100	100	100

Os testes para estas configurações foram realizados, primeiramente, sem renegociação das taxas de intermediação e, posteriormente, com a introdução da renegociação.

### 5.2.1 Sem Renegociação

Uma negociação sem renegociação dos contratos bSLA significa que as empresas provedoras e/ou consumidoras mantêm a taxa de intermediação inicial (2,00%) em todas as negociações. Este valor mantém-se independentemente se as empresas têm um bom ou mau comportamento durante as suas negociações. O mesmo não sucede quando é introduzida a renegociação da taxa de intermediação.

Este teste, que se designa Teste Sneg\_CCV, foi definido com 5 consumidores que pretendem adquirir 1000 recursos cada. Os consumidores foram configurados com diferentes confianças.

### 5.2.1.1 Consumidores

Neste sub-tópico são apresentados os resultados para as empresas consumidoras com confiança variável num cenário de equilíbrio de recursos e sem renegociação dos termos do contrato.

Assim sendo, na Tabela 5.3 são apresentados os resultados do preço médio dos recursos pagos pelos consumidores em cada negociação e na Figura 5.1 apresenta-se o respetivo gráficos dos resultados. O preço final dos recursos, para as empresas consumidoras, é a aglutinação do preço base do recurso, da taxa de intermediação do provedor e da taxa de intermediação do consumidor.

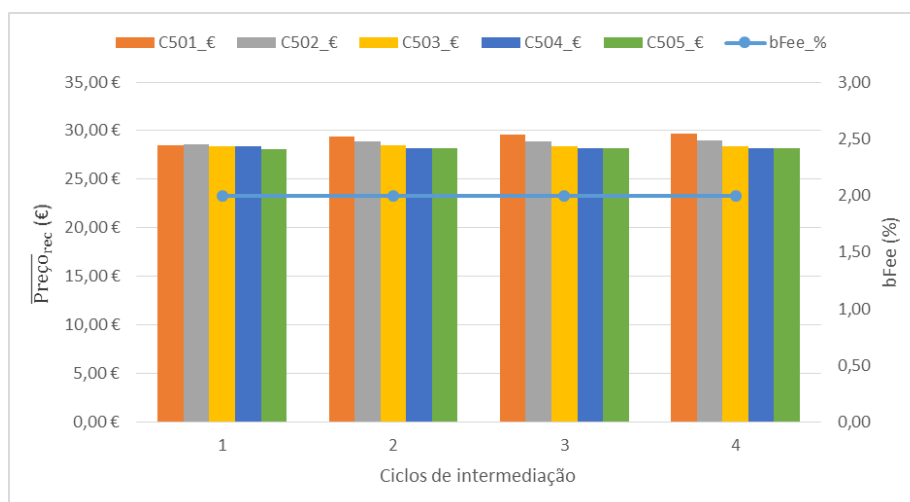


Figura 5.1: Teste Sneg\_CCV – Preço médio dos recursos pagos pelas empresas consumidoras.

Tabela 5.3: Teste Sneg\_CCV – Resultados do preço médio dos recursos adquiridos e *bFee*.

Negociação	bFee (%)	C_501 (20%)	C_502 (40%)	C_503 (60%)	C_504 (80%)	C_505 (100%)
1	2,00	29,07 €	28,62 €	28,44 €	28,39 €	28,14 €
2	2,00	29,94 €	28,88 €	28,47 €	28,23 €	28,14 €
3	2,00	30,18 €	28,92 €	28,44 €	28,22 €	28,14 €
4	2,00	30,26 €	28,95 €	28,41 €	28,21 €	28,14 €

Uma vez que, o cenário analisado não possui renegociação dos contratos a taxa de intermediação mantém-se nos 2,00 % independentemente do comportamento das empresas. Contudo, o mesmo não acontece com o preço base dos recursos que varia conforme a confiança das empresas, sendo possível observar, que as empresas menos confiáveis adquiram os recursos com um preço médio mais elevado quando comparados com os demais.

Assim sendo, o C\_505 é o que paga um preço médio por recurso mais baixo – 28,14 € – em todos os ciclos de intermediação, visto que é o consumidor mais confiável.

Caso semelhante ocorre com o C\_504, que apesar de falhar no pagamento de 20 % dos recursos, consegue obter descontos progressivos no preço base do recurso, mas sempre superiores ao do C\_501, visto que é menos confiável. Assim, no primeiro ciclo de intermediação paga cerca de 28,39 € por cada recurso, na segunda cerca de 28,23 €, na terceira de 28,22 € e, por fim, no quarto ciclo paga cerca de 28,21 € por cada recurso adquirido.

No extremo oposto, encontra-se o C\_501 que falhou no pagamento de 80 % dos recursos requeridos, sendo que, por consequência, o preço médio por recurso vai aumentando gradualmente a cada negociação, sendo no primeiro de 29,07 €, no segundo de 29,94 €, no terceiro de 30,18 € e no quarto de 30,26 €.

O mesmo sucede-se com o C\_502, contudo este foi configurado com uma confiança superior ao C\_501, logo o preço médio por recurso será ligeiramente mais baixo. Assim, no primeiro ciclo de intermediação, esta empresa consumidora pagou em média 28,62 € por cada recurso adquirido, no segundo 28,88 €, no terceiro 28,92 € e no quarto 28,95 €.

Contudo, o mesmo já não sucede com o C\_503 que foi configurado com uma confiança de 60 %. Apesar de o preço médio por recurso do primeiro para o segundo ciclo ter sofrido um pequeno aumento, de 28,44 € para 28,47 €, este preço a partir do terceiro ciclo de intermediação volta novamente a baixar para os 28,44 € e no quarto ciclo para os 28,41 €. Esta diminuição de preços está correlacionada com relativo bom comportamento deste consumidor.

A diferença de preços entre as diferentes empresas consumidores, ocorre porque a plataforma implementada possui um modelo de confiança entre pares a partir das últimas interações diretas entre as partes interessadas, por outras palavras, quando um provedor recebe um convite para negociar com um determinado consumidor, este possui informações sobre as últimas negociações com essa empresa. Se esse consumidor falhou no pagamento dos recursos, o provedor irá aumentar o preço base.

### 5.2.1.2 Provedores

Este teste, envolve 50 empresas provedoras que foram escaladas em 5 grupos (GP\_020, GP\_040, GP\_060, GP\_080 e GP\_100) com confiança de 100%. Cada provedor possui 100 recursos para prover.

Na Tabela 5.4, são apresentados os resultados do preço médio de por recurso e a taxa de intermediação e a Figura 5.2 apresentam os gráficos dos respectivos resultados.

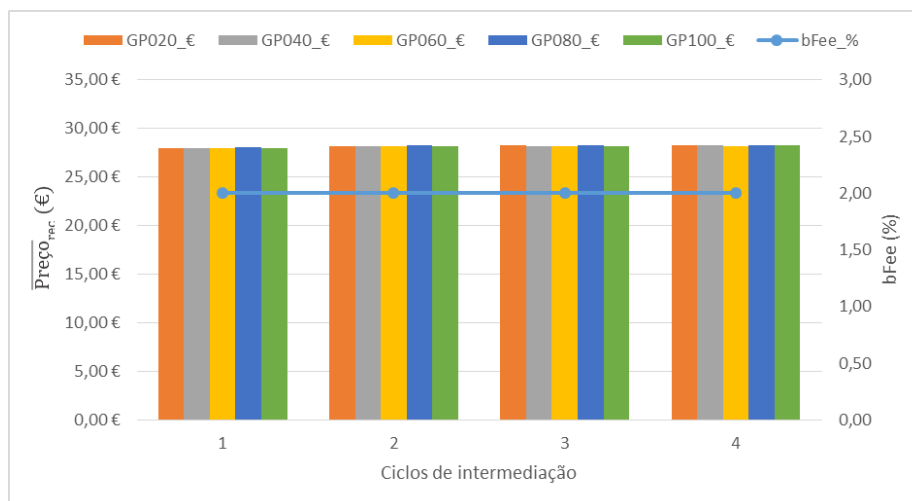


Figura 5.2: Teste Sneg\_CCV – Preço médio dos recursos providos.

Tabela 5.4: Teste Sneg\_CCV – Resultados do preço médio dos recursos providos e *bFee*.

Negociação	bFee (%)	GP_020 (100%)	GP_040 (100%)	GP_060 (100%)	GP_080 (100%)	GP_100 (100%)
1	2,00	27,92 €	27,97 €	28,01 €	28,03 €	27,92 €
2	2,00	28,18 €	28,16 €	28,16 €	28,22 €	28,13 €
3	2,00	28,22 €	28,21 €	28,18 €	28,26 €	28,19 €
4	2,00	28,26 €	28,22 €	28,20 €	28,26 €	28,23 €

Como é possível observar, a taxa de intermediação mantém o seu valor de 2,0% em todas as negociações, o que significa que não ocorre renegociação, como esperado.

O preço médio por recurso, em €, para os grupos das empresas provedoras são semelhantes. Isto é consequência de se estar perante um cenário de equilíbrio de recursos, onde as empresas consumidoras compram todos os recursos disponíveis das empresas provedoras. Contudo, existem algumas diferenças de valores entre

os preços. As pequenas diferenças de preços médios entre os grupos de provedores é resultado de este venderem os recursos a diversas empresas consumidores com diferentes confianças.

No próximo sub-tópico, são apresentados os resultados para as configurações anteriores com renegociação das taxas de intermediação.

## 5.2.2 Com Renegociação

Este teste, que se designa Teste Rneg\_CCV, envolve 5 empresas consumidoras com diferentes valores de confiança e 50 empresas provedoras com confiança fixa.

### 5.2.2.1 Consumidores

Os testes às empresas consumidoras foram definidos de forma a avaliar-se qual as bonificações e/ou penalizações que essas empresas poderão ter conforme o seus comportamentos durante os quatro ciclos de intermediação do contrato bSLA.

Num primeiro passo, é analisado C\_501 que foi definido com uma confiança de 20%, sendo apresentado na Tabela 5.5 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo C\_501, a contra-oferta da plataforma a essa proposta, a taxa de intermediação média paga por cada recurso em € e o acumulado de recursos adquiridos. A Figura 5.3 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

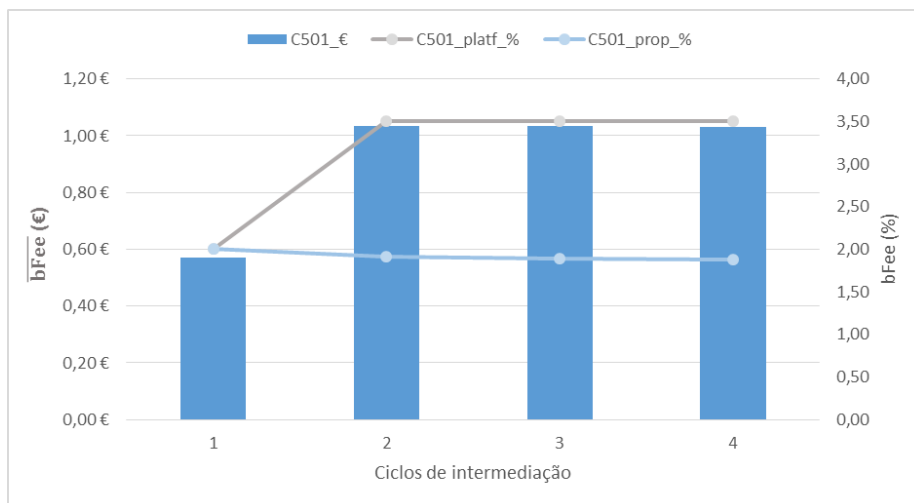


Figura 5.3: Teste Rneg\_CCV –  $bFee$  propostas pelo C\_501, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Inicialmente, o consumidor começa por calcular a taxa de intermediação que irá propor à plataforma.

Tabela 5.5: Teste Rneg\_CCV – Taxas de intermediação do C\_501.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
					C_501 (%)	Platf. (%)	
C_501	20	1	1	1000	2,00	2,00	0,57
		2	16	1000	1,91	3,50	1,03
		3	16	1000	1,89	3,50	1,03
		4	16	1000	1,88	3,50	1,03

Assim sendo, no primeiro ciclo de intermediação, o C\_501 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite, pagando cerca de 0,53 € de taxa por cada recurso transacionado.

No segundo ciclo de intermediação, o C\_501 já adquiriu 1000 recursos propondo, assim, uma taxa de intermediação de 1,91 %. Como este consumidor tem uma confiança de 20 %, a plataforma aplica-lhe a penalização máxima de 3,50 % que corresponde à condição 13 da Tabela 4.2. De seguida, a plataforma envia a contra-oferta para o C\_501 que é aceite. Como a confiabilidade não melhora, é sempre penalizado com o valor máximo de 3,50 %.

Num segundo passo, são analisados os resultados obtidos para o C\_502 que foi definido com uma confiança de 40 %, sendo apresentado na Tabela 5.6 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo C\_502, a contra-oferta da plataforma a essa proposta, a taxa de intermediação média paga por cada recurso em €, a condição de cálculo da taxa de intermediação pelo agente SLA da plataforma e o número de recursos adquiridos. A Figura 5.4 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

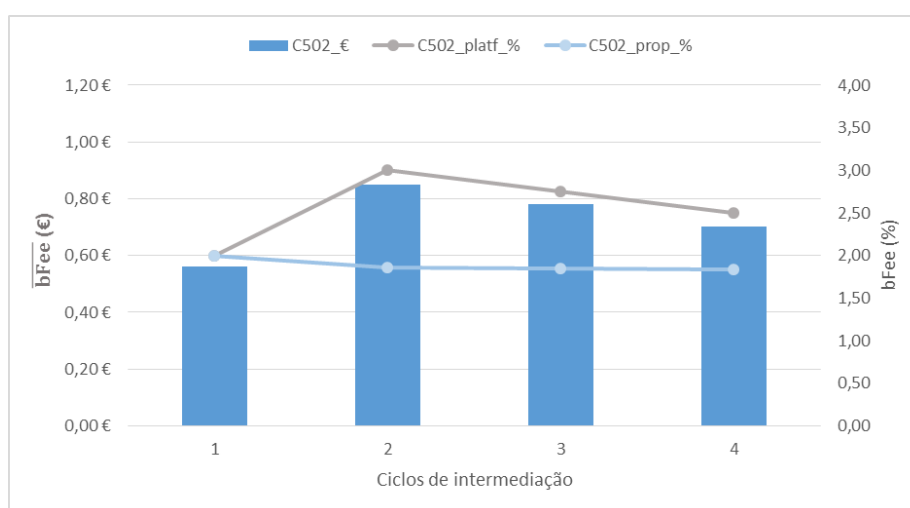


Figura 5.4: Teste Rneg\_CCV – Taxas de intermediação propostas pelo C\_502, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.6: Teste Rneg\_CCV – Taxas de intermediação do C\_502.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	<i>bFee</i>		$\overline{bFee}$ (€)
					C_502 (%)	Platf. (%)	
C_502	40	1	1	1000	2,00	2,00	0,56
		2	14	1000	1,86	3,00	0,85
		3	14	1000	1,85	2,75	0,78
		4	14	1000	1,84	2,50	0,70

À semelhança do C\_501, no primeiro ciclo de intermediação, o C\_502 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 2,00%. A plataforma recebe esse valor e aceita-o, ficando, assim, o C\_502 a pagar cerca de 0,56 € de taxa de intermediação por cada recurso adquirido.

No segundo ciclo de intermediação, o C\_502 propõe pagar 1,86% de taxa de intermediação sobre o valor de cada recurso. Porém, a plataforma rejeita este valor, uma vez que não se encontra dentro da gama de valores desejados, sendo realizada uma contra-oferta no valor de 3,00% que é aceite pelo consumidor. A nova taxa foi calculada de acordo com a condição 14 da Tabela 4.2. Nesta condição, o valor da contra-oferta poderá variar entre os 2,50% para um acumulado de 3000 recursos e 3,00% para 1000 recursos.

No terceiro ciclo de intermediação, o C\_502 propõe à plataforma uma nova taxa de intermediação de 1,85%. A plataforma analisa este valor e rejeita-o novamente. Apesar de o ter rejeitado, diminui o valor da taxa anterior de 3,00% para 2,75%. Esta diminuição deve-se à fórmula de cálculo das contra-ofertas da plataforma, onde a taxa de intermediação diminui conforme o acumulado de recursos adquiridos ao longo das negociações.

No quarto e último ciclo de intermediação, o C\_503 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 1,84%, valor este que é novamente rejeitado. Como o acumulado de recursos nesta negociação é de 3000 a plataforma envia uma nova contra-oferta de 2,50% que é aceite pela empresa consumidora.

Num terceiro passo, são analisados os resultados obtidos para o C\_503 que foi definido com uma confiança de 60%, sendo apresentado na Tabela 5.7 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo C\_503, a contra-oferta da plataforma a essa proposta, a taxa de intermediação média paga por cada recurso em €, a condição de cálculo da taxa de intermediação pela plataforma e o número de recursos adquiridos. A Figura 5.5 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

No primeiro ciclo de intermediação, a empresa consumidora C\_503 envia uma proposta de taxa de intermediação de 2,00% que é aceite pela plataforma.

No segundo ciclo de intermediação, a empresa consumidora C\_503 propõe de taxa de intermediação de 1,79% que é rejeitada pela plataforma. A plataforma envia uma nova contra-oferta com uma taxa de 2,00% que é calculada de acordo

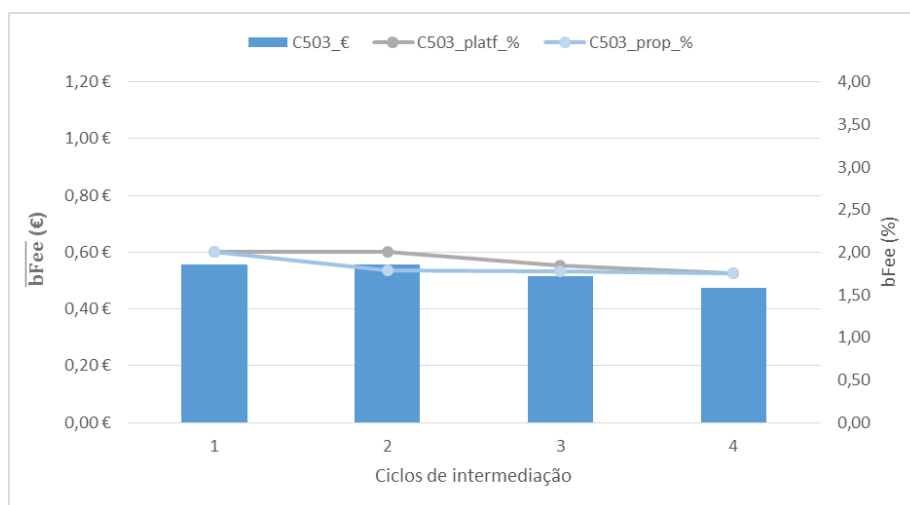


Figura 5.5: Teste Rneg\_CCV – Taxas de intermediação propostas pelo C\_503, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.7: Teste Rneg\_CCV –  $bFee$  do C\_503.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
					C_503 (%)	Platf. (%)	
C_503	60	1	1	1000	2,00	2,00	0,56
		2	10	1000	1,79	2,00	0,56
		3	10	1000	1,78	1,85	0,52
		4	10	1000	1,75	1,70	0,47

com a condição 10 da Tabela 4.2. Nesta condição, a taxa de intermediação a propor como contra-oferta varia entre 1,70 % para um acumulado de 3000 recursos e 2,00 % para um acumulado de 1000 recursos.

No terceiro ciclo de intermediação, o C\_503 propõe o pagamento de uma taxa de intermediação de 1,78 % a aplicar ao preço do recurso. A taxa proposta é rejeitada pela plataforma que envia, posteriormente, uma contra-oferta de 1,85 % que é aceite pelo consumidor. Esta contra-oferta, tal como na negociação anterior, foi calculada de acordo com a condição 10 da Tabela 4.2 para um acumulado de 2000 recursos.

No quarto ciclo de intermediação, este consumidor envia uma proposta de taxa de intermediação de 1,75 % que é rejeitada, novamente, pelo agente SLA da plataforma. O agente envia uma contra-oferta de 1,70 % de taxa de intermediação que será aplicada ao preço do recurso. Esta contra-oferta é aceite pelo consumidor, que paga em média cerca de 0,47 € por cada recurso requerido.

Num quarto passo, são analisados os resultados obtidos para o C\_504 que foi definido com uma confiança de 80 %, sendo apresentado na Tabela 5.8 os

resultados da taxa de intermediação proposta pelo C\_504, a contra-oferta da plataforma a essa proposta, a taxa de intermediação média paga por cada recurso em €, a condição de cálculo da taxa de intermediação pela plataforma e o número de recursos adquiridos. A Figura 5.6 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

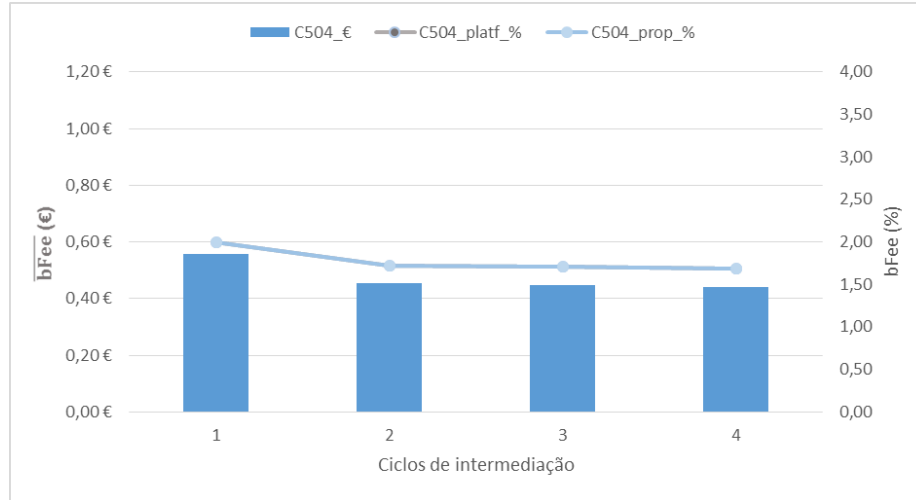


Figura 5.6: Teste Rneg\_CCV – taxas de intermediação propostas pelo C\_504, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.8: Teste Rneg\_CCV – Taxas de intermediação do C\_504.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
					C_504 (%)	Platf. (%)	
C_504	80	1	1	1000	2,00	2,00	0,56
		2	6	1000	1,72	1,72	0,46
		3	6	1000	1,71	1,71	0,46
		4	6	1000	1,68	1,68	0,45

No primeiro ciclo de intermediação, a empresa consumidora C\_504 envia uma proposta de taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite pela plataforma. Nesta negociação, o C\_504 paga cerca de 0,56 € de taxa por cada recursos requerido, pagando um total de 56 € de taxas de intermediação no final desta negociação.

Nos restantes ciclos de intermediação, o C\_504 envia as suas propostas à plataforma, e esta analisa-as conforme a condição 6 da Tabela 4.2. Nesta condição, a gama de valores da contra-oferta varia entre 1,30 % para um valor acumulado de 3000 recursos e 1,50 % para um acumulado de 1000 recursos.

Assim, no segundo ciclo de intermediação, o C\_504 propõe uma taxa de intermediação de 1,72 % para um valor acumulado de 1000 recursos. A plataforma analisa este valor e aceita-o. Assim sendo, para um valor acumulado de 1000

recursos a plataforma deveria enviar contra-oferta de 1,50 %. Contudo, como o valor proposto pelo C\_504 é superior ao valor pretendido pela plataforma, esta aceita-o, tendo, assim, um lucro superior ao que seria desejável. Esta mesma situação ocorre para o terceiro e quarto ciclo de intermediação.

Num quinto passo, são analisados os resultados obtidos para o C\_505 que foi definido com uma confiança de 100 %, sendo apresentado na Tabela 5.9 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo C\_505, a contra-oferta da plataforma a essa proposta, a taxa de intermediação média paga por cada recurso em €, a condição de cálculo da taxa de intermediação pela plataforma e o número de recursos adquiridos. A Figura 5.7 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

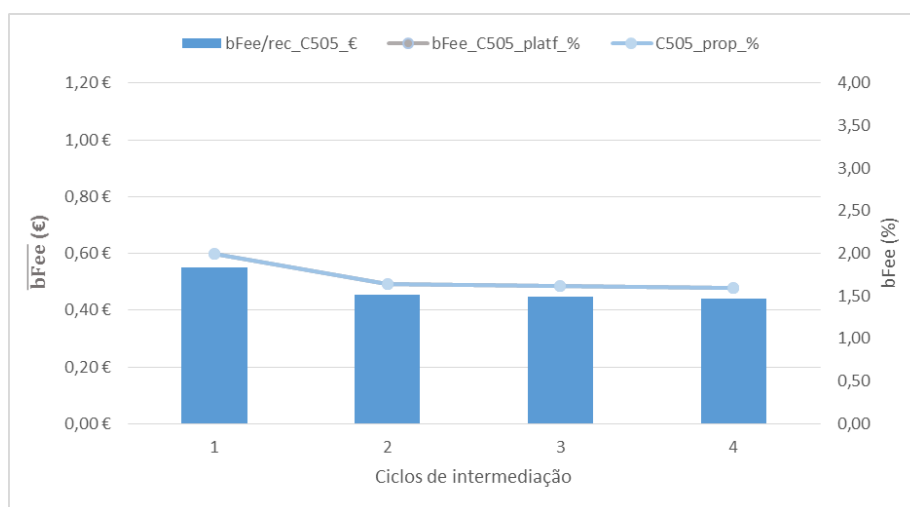


Figura 5.7: Teste Rneg\_CCv – Taxas de intermediação propostas pelo C\_505, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.9: Teste Rneg\_CCv – Taxas de intermediação do C\_505.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
					C_505 (%)	Platf. (%)	
C_505	100	1	1	1000	2,00	2,00	0,56
		2	4	1000	1,64	1,64	0,45
		3	4	1000	1,62	1,62	0,45
		4	4	1000	1,59	1,59	0,44

No primeiro ciclo de intermediação, a empresa consumidora C\_505 envia uma proposta de taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite pela plataforma. Nesta negociação, o C\_505 paga cerca de 0,56 € de taxa por cada recurso requerido, pagando um total de 56 € de taxas de intermediação no final desta negociação.

Nos restantes ciclos de intermediação, o C\_505 envia as suas propostas à plataforma, e esta analisa-as conforme a condição 4 da Tabela 4.2. Nesta condição,

a gama de valores da contra-oferta varia entre 1,20 % para um valor acumulado de 3000 recursos e 1,40 % para um acumulado de 1000 recursos.

Tal como sucedeu para o C\_504, o C\_505 , a partir do segundo ciclo de intermediação, propõe à plataforma taxas de intermediação superiores à gama de valores pretendida. Como consequência, a plataforma aceita esses valores, obtendo um lucro superior ao teoricamente desejado.

Assim, no segundo ciclo de intermediação, o C\_505 irá aplicar uma taxa de intermediação de 1,64 % sobre o valor do recurso adquirido a um determinado provedor. Assim, este consumidor irá pagar, em média, cerca de 0,45 € por cada recurso adquirido. Esta mesma situação ocorre para a terceira e quarta negociação.

Por fim, na Tabela 5.10 são apresentados os resultados do preço médio dos recursos pagos pelas empresas consumidoras em cada ciclo de intermediação e a Figura 5.8 apresenta o respetivo gráfico. O preço final do recurso, para os consumidores, é a aglutinação do preço base do recurso em que se combinam a taxa de intermediação paga pelo provedor e a paga pelo consumidor.

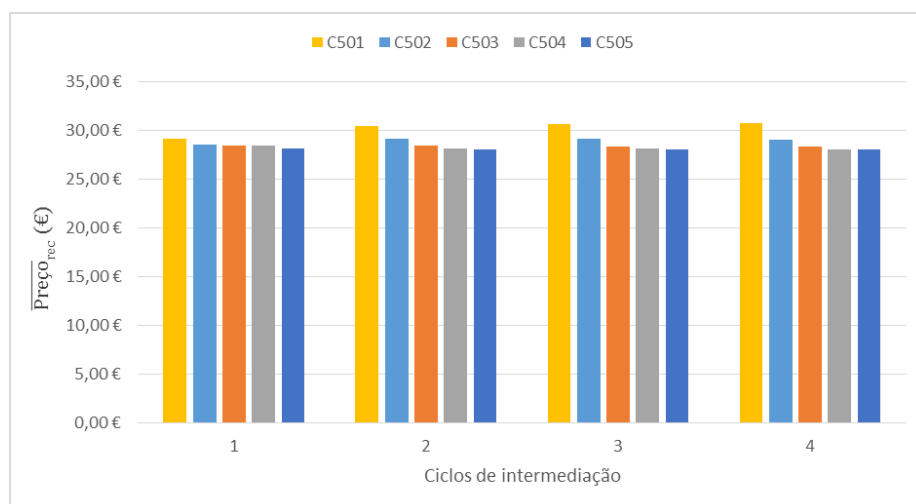


Figura 5.8: Teste Rneg\_CCv – Preço médio dos recursos.

Como é possível verificar na Figura 5.8, no primeiro ciclo de intermediação, os consumidores com pior confiança pagam um preço médio por recurso mais alto. Isto ocorre porque a plataforma implementada possui um modelo de confiança entre pares descentralizado a partir das últimas interações diretas entre as partes interessadas.

Por conseguinte, uma empresa provedora, quando recebe um convite para negociar com um determinado consumidor, vai verificar as últimas interações. Se

Tabela 5.10: Teste Rneg\_CCV – Resultados do preço médio dos recursos.

Negociação	C_501 (20%)	C_502 (40%)	C_503 (60%)	C_504 (80%)	C_505 (100%)
1	29,16 €	28,58 €	28,48 €	28,41 €	28,14 €
2	30,47 €	29,19 €	28,46 €	28,13 €	28,04 €
3	30,60 €	29,12 €	28,37 €	28,10 €	28,02 €
4	30,71 €	29,08 €	28,32 €	28,08 €	28,00 €

esse consumidor falhou no pagamento de alguns recursos, o provedor irá aumentar o preço base do recurso consoante a suas falhas.

No segundo ciclo de intermediação, o C\_501 e C\_502 pagam um preço médio por recurso superior ao da primeira negociação. Isto ocorre, porque a taxa de intermediação desses consumidores sofreu um agravamento por parte do agente SLA da plataforma e os provedores também agravaram o preço médio por recurso, enquanto para as restantes empresas consumidoras, o preço médio por recurso vai diminuindo ao longo das negociações.

No próximo sub-tópico, serão analisados os resultados obtidos para os provedores.

### 5.2.2.2 Provedores

Neste teste, foram configuradas 50 empresas provedoras de modo a fornecer os seus recursos às empresas consumidoras sem falhas no fornecimento, ou seja, com uma confiança a 100%. Os 50 provedores foram divididos em 5 grupos, onde as empresas provedoras com *ID* entre 1 e 10 correspondem ao GP\_020, os provedores com *ID* entre 11 e 20 correspondem ao GP\_040, entre 21 e 30 correspondem ao GP\_060, entre 31 e 40 ao GP\_080 e entre 41 e 50 ao GP\_100.

Num primeiro passo, começa-se por analisar as taxas de intermediação que os grupos das empresas provedoras propõem à plataforma e as contra-ofertas destas, estando os resultados apresentados na Tabela 5.11 e a Figura 5.9 apresenta o gráficos dos resultados.

Como é possível observar, as empresas provedoras apresentam propostas análogas à plataforma. Isto ocorre, porque os valores – número acumulado de recursos de cada negociação, duração do contrato bSLA e auto-confiança – para o cálculo da taxa de intermediação são comuns a todos os grupos.

Assim, no primeiro ciclo de intermediação, todos os grupos de provedores apresentam uma proposta de 2,00% ao agente SLA da plataforma, sendo aceite.

No segundo ciclo de intermediação, os 5 grupos de provedores propõem uma taxa de intermediação de 1,93%. Como a taxa de intermediação proposta é

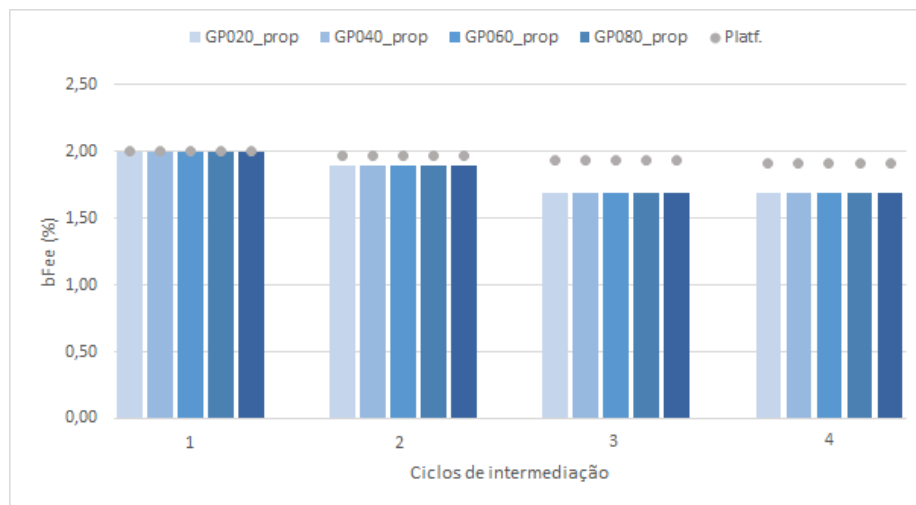


Figura 5.9: Teste Rneg\_CCV – Taxas de intermediação propostas à plataforma pelos provedores e contra-ofertas.

inferior à calculado pela plataforma, esta envia uma contra-oferta no valor de 1,97 % que é aceite pelo grupo de provedores. A taxa da contra-oferta foi calculada de acordo com a condição 3 da Tabela 4.3.

No terceiro e quarto ciclo de intermediação, os grupos de provedores propõem novamente valores inferiores ao desejados pela plataforma. Sendo estes valores indesejados, a plataforma rejeita-os e envia uma contra-oferta de 1,94 % para o terceiro ciclo de intermediação e 1,91 % para o quarto ciclo de intermediação. Tal como no segundo ciclo de intermediação, as taxas de intermediação das contra-ofertas foram calculadas de acordo com a condição 3 da Tabela 4.3.

No próximo tópico são apresentados os resultados para o teste dos provedores com confiança variável num cenário de equilíbrio de recursos.

### 5.3 Provedores de Confiança Variável

A experiência com os Provedores com Confiança Variável (PCV) foi realizado através da introdução de 5 consumidores – C\_501, C\_502, C\_503, C\_504 e C\_505 – e 50 provedores. Os consumidores pretendem adquirir 1000 VM cada e cada provedor possui 100 recursos para prover.

Assim sendo, as empresas consumidoras foram definidas para não falharem no pagamento dos recursos, ou seja, têm a confiança a 100 %. Já os provedores foram agrupados em grupos, onde os que têm um *ID* entre 1 e 10 têm uma confiança de 20 %, entre 11 e 20 têm uma confiança de 40 %, entre 21 e 30 têm uma confiança de 60 %, entre 31 e 40 têm uma confiança de 80 % e entre 41 e 50 têm uma

Tabela 5.11: Teste Rneg\_CCV – Taxas de intermediação propostas pelas empresas provedoras e contra-ofertas da plataforma.

Grupos de Provedores	Confiança (%)	Negociação	Prov. (%)	Contra-Oferta (%)
<b>GP_020</b>	100	1	2,00	2,00
		2	1,93	1,97
		3	1,80	1,94
		4	1,80	1,91
<b>GP_040</b>	100	1	2,00	2,00
		2	1,93	1,97
		3	1,80	1,94
		4	1,80	1,91
<b>GP_060</b>	100	1	2,00	2,00
		2	1,93	1,97
		3	1,80	1,94
		4	1,80	1,91
<b>GP_080</b>	100	1	2,00	2,00
		2	1,93	1,97
		3	1,80	1,94
		4	1,80	1,91
<b>GP_100</b>	100	1	2,00	2,00
		2	1,93	1,97
		3	1,80	1,94
		4	1,80	1,91

confiança de 100%. O conjunto das empresas provedoras tem capacidade para atender 5000 pedidos de recursos, pretendendo os 5 consumidores comprar um total de 5000 recursos em cada ciclo de intermediação originando, assim, um cenário de equilíbrio de recursos.

Os valores de configuração de ambas as empresas são apresentados na Tabela 5.12.

Tabela 5.12: Teste PCV – Configurações das empresas consumidores e das provedoras.

	ID	Confiança (%)	#VM
<b>Consumidores</b>	C_501	100	1000
	C_502	100	1000
	C_503	100	1000
	C_504	100	1000
	C_505	100	1000
<b>Grupo de Provedores</b>	GP_020	20	100
	GP_040	40	100
	GP_060	60	100
	GP_080	80	100
	GP_100	100	100

### 5.3.1 Sem Renegociação

Esta experiência, que se designa Teste Sneg\_PCV, envolve 50 empresas provedoras com confiança variável e 5 consumidores com confiança fixa. Nesta experiência não se verifica a renegociação dos termos do contrato bSLA sendo de se esperar que a taxa de intermediação se mantenha com o valor de 2,00 %

#### 5.3.1.1 Provedores

Esta experiência envolve 50 empresas provedoras com diferentes valores de confiança e tem como objetivo analisar-se o comportamento destas. Será de se esperar que o valor da taxa de intermediação se mantenha inalterado ao longo dos ciclos de intermediação, visto que não existe renegociação.

De seguida, na Tabela 5.13, é apresentado o preço médio por recurso provido e a respetiva taxa de intermediação. A Figura 5.10 apresenta o gráfico dos resultados.

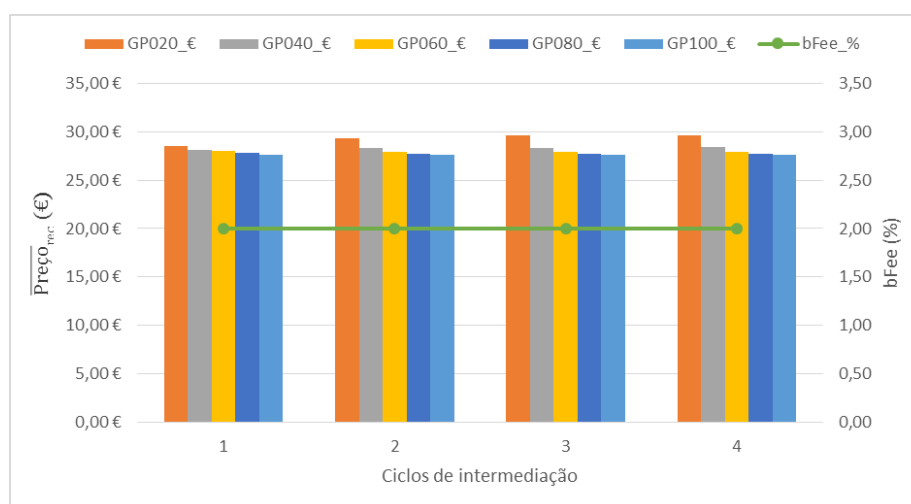


Figura 5.10: Teste Sneg\_PCV – Preço médio dos recursos providos.

Tabela 5.13: Teste Sneg\_PCV – Resultados do preço médio dos recursos providos e taxa de intermediação.

Negociação	bFee (%)	GP_020 (20%)	GP_040 (40%)	GP_060 (60%)	GP_080 (80%)	GP_100 (100%)
1	2,00	28,53 €	28,09 €	27,99 €	27,82 €	27,59 €
2	2,00	29,35 €	28,32 €	28,87 €	28,68 €	27,59 €
3	2,00	29,57 €	28,32 €	28,87 €	27,66 €	27,59 €
4	2,00	29,64 €	28,37 €	27,86 €	27,66 €	27,59 €

Visto que, o cenário analisado não possui renegociação dos contratos bSLA a taxa de intermediação mantém-se nos 2,00 % independentemente da credibilidade das empresas. Contudo, o mesmo não acontece com o preço médio por recurso.

Com efeito, o GP\_020 foi configurado de modo a falhar fornecimento de 80 % dos recursos requeridos, sendo que, por consequência, o preço médio por recurso vai aumentando gradualmente a cada negociação, sendo na primeira de 28,53 €, na segunda de 29,35 €, na terceira de 29,57 € e na quarta de 29,64 €.

O mesmo sucede-se com o GP\_040, contudo este foi configurado com uma confiança superior ao GP\_020, logo o preço médio por recurso será ligeiramente mais baixo. Assim, no primeiro ciclo de intermediação, este grupo forneceu recursos com um preço médio de 28,09 €, no segundo de 28,32 €, no terceiro de 28,32 € e no quarto de 28,37 €.

O mesmo não sucede com o GP\_100. Este foi configurado com uma confiança de 100 % logo não falha no fornecimento de qualquer recurso, sendo, o grupo que fornece os recursos com o preço médio mais baixo admissível em todos as negociações – 27,59 €.

O GP\_080 falha no fornecimento de 20 % dos recursos requeridos pelas empresas consumidores. Assim, do primeiro para o segundo ciclo de intermediação ocorre um aumento do preço base do recurso de 27,82 € para 28,68 € do preço médio por recurso. A partir do terceiro ciclo de intermediação o preço médio por recurso começa a diminuir.

Em suma, a diferença de preços entre os diferentes grupos de empresas provedoras, mesmo não existindo renegociação das taxas de intermediação, permite introduzir equidade na plataforma. Num cenário onde haja excesso de oferta, este modelo, permite que os provedores com pior confiança vendam os seus produtos com um preço mais elevado quando comparados com provedores com melhor confiança. Logo, os provedores com a confiança mais elevada têm a probabilidade de fornecerem mais recursos em relação aos provedores com pior confiança.

### **5.3.1.2 Consumidores**

Este teste envolve 5 empresas consumidores – C\_501, C\_502, C\_503, C\_504 e C\_505 – configuradas de modo a não falharem no pagamento dos recursos adquiridos.

Neste teste analisa-se a taxas de intermediação e a preço médio de cada recurso por ciclo de intermediação, estando os resultados apresentados na Tabela 5.14 e a Figura 5.11 apresenta o gráfico dos resultados.

Como é possível observar, a taxa de intermediação mantém o valor a 2,00 % em todos os ciclos de intermediação, o que significa que não ocorre renegociação dos contratos bSLA, o que era de se esperar.

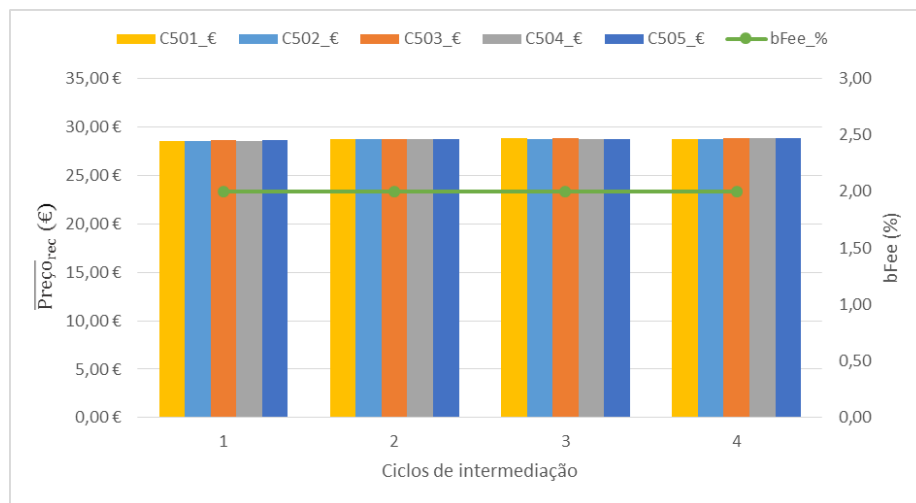


Figura 5.11: Teste Sneg\_PCV – Preço médio dos recursos requeridos.

Tabela 5.14: Teste Sneg\_PCV – Resultados do preço médio dos recursos requeridos e taxas de intermediação.

Negociação	<i>bFee</i> (%)	C_501 (100 %)	C_502 (100 %)	C_503 (100 %)	C_504 (100 %)	C_505 (100 %)
1	2,00	28,55 €	28,51 €	28,59 €	28,55 €	28,59 €
2	2,00	28,74 €	28,70 €	28,72 €	28,74 €	28,74 €
3	2,00	28,80 €	28,73 €	28,80 €	28,72 €	28,77 €
4	2,00	28,75 €	28,70 €	28,84 €	28,81 €	28,84 €

Os valores médios pagos por recurso em cada negociação sofrem alterações. Assim sendo, no primeiro ciclo de intermediação, o C\_503 é o que paga um valor médio por recurso mais elevado. Isto ocorreu, porque celebrou uma quantidade superior de contratos *rSLA* com o GP\_020 e GP\_040 quando comparado com os demais.

No quarto ciclo de intermediação, o C\_501 e C\_502 conseguiram reduzir o preço médio dos recursos, uma vez que, aumentaram o número de contratos com os provedores GP\_080 e GP\_100. Em sentido contrário, o C\_503, O C\_504 e C\_505 viram os preço médio dos recursos aumentar.

No próximo tópico serão analisados os resultados para as mesmas configuração com a introdução da renegociação das contratos *bSLA*.

### 5.3.2 Com Renegociação

Esta experiência, que se designa Teste Rneg\_PCV, envolve 50 empresas provedoras com diferentes valores de confiança e 5 empresas consumidoras com confiança fixa. Neste teste foi introduzida a renegociação dos contratos bSLA.

#### 5.3.2.1 Provedores

Num primeiro passo, é analisado o GP\_020 que foi definido com uma confiança de 20 %, sendo apresentado na Tabela 5.15 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo GP\_020, a contra-oferta do agente SLA da plataforma, a taxa de intermediação média paga por cada recurso em € e o número de recursos providos. A Figura 5.12 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

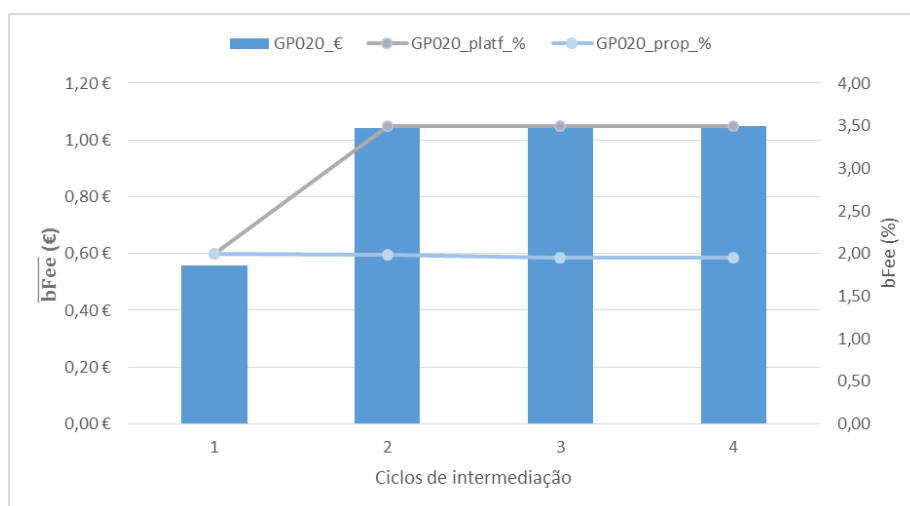


Figura 5.12: Teste Rneg\_PCV –  $bFee$  propostas pelo GP\_020, contra-ofertas da plataforma e  $\bar{bFee}$ .

Tabela 5.15: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação do GP\_020, #recursos e condição de cálculo.

Prov	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\bar{bFee}$ (€)
					Prov. (%)	Platf. (%)	
GP_020	20	1	1	100	2,00	2,00	0,56
		2	18	100	1,98	3,50	1,04
		3	18	100	1,96	3,50	1,05
		4	18	100	1,95	3,50	1,05

Assim sendo, no primeiro ciclo de intermediação, o GP\_020 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite, pagando em média cerca de 0,56 € de taxa de intermediação por cada recurso transacionado.

No segundo ciclo de intermediação, o GP\_020 já forneceu 100 recursos propondo, assim, uma taxa de intermediação de 1,98%. A proposta é rejeita pelo agente SLA da plataforma que lhe aplica a penalização máxima de 3,50% correspondente à condição 18 da Tabela 4.3. De seguida, o agente envia a contra-oferta para o GP\_020, que é aceite. Como a credibilidade deste grupo de empresas provedoras não melhora ao longo das negociações, a plataforma aplica-lhe sempre a penalização máxima.

Num segundo passo, são analisados os resultados obtidos para o GP\_040 que foi definido com uma confiança de 40%, sendo apresentados na Tabela 5.16 os resultados da taxa de intermediação proposta, a contra-oferta do agente SLA da plataforma, a taxa de intermediação média paga por recurso em €, a condição de cálculo e o número de recursos providos. A Figura 5.13 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

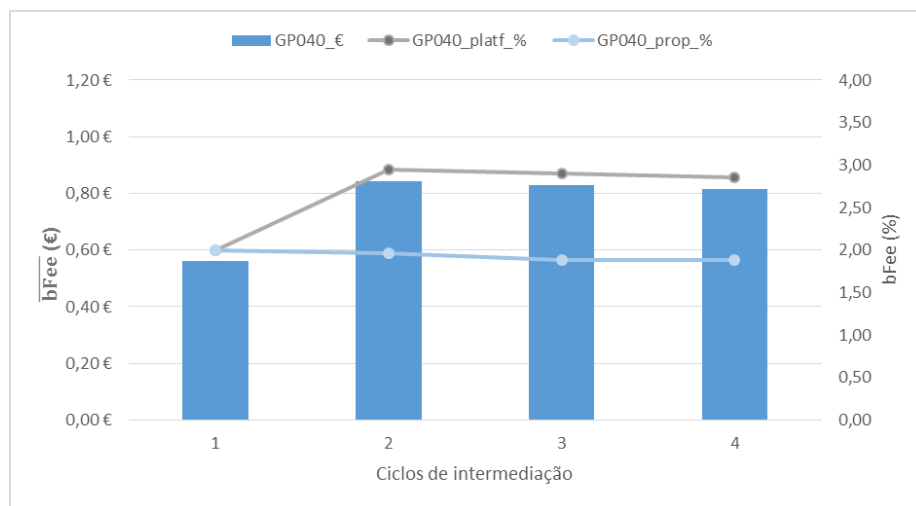


Figura 5.13: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação propostas pelo GP\_040, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.16: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação do GP\_040, #recursos e condição de cálculo.

Prov	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
					Prov. (%)	Platf. (%)	
GP_040	40	1	1	100	2,00	2,00	0,56
		2	15	100	1,96	2,95	0,84
		3	15	100	1,88	2,90	0,83
		4	15	100	1,88	2,85	0,81

Com efeito, no primeiro ciclo de intermediação, o GP\_040 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 2,00%. A plataforma recebe esse valor e aceita-o.

No segundo ciclo de intermediação, o GP\_040 propõe-se a pagar 1,96% de taxa de intermediação sobre o valor de cada recurso. Porém, a plataforma rejeita este valor, visto que ele falhou no pagamento de 60% dos recursos requeridos, aplicando-lhe uma penalização. A penalização agrava o valor da taxa de intermediação de 2,00% para 2,95%, pagando por cada recurso intermediado cerca de 0,84 €. A nova taxa foi calculada de acordo com a condição 15 da Tabela Tabela 4.3.

No terceiro ciclo de intermediação, o GP\_040 propõe à plataforma uma nova taxa de intermediação de 1,88%. A plataforma analisa este valor e rejeita-o novamente. Apesar de o ter rejeitado, diminui o valor da taxa anterior de 2,95% para 2,90%. Esta diminuição deve-se à fórmula de cálculo das contra-ofertas da plataforma, onde a taxa de intermediação diminui ou aumenta conforme o acumulado de recursos providos ao longo das negociações.

No quarto e último ciclo de intermediação, o GP\_040 propõe à plataforma uma taxa de intermediação, novamente, de 1,88%, valor este que é rejeitado. Como o acumulado de recursos nesta negociação é de 300 a plataforma envia uma nova contra-oferta de 2,85% que é aceite pelas empresas provedoras.

Num terceiro passo, são analisados os resultados obtidos pelo grupo GP\_060 que foi definido com uma confiança de 60%, sendo apresentado na Tabela 5.17 os resultados da taxa de intermediação proposta, a contra-oferta do agente SLA da plataforma, a taxa de intermediação média paga por recurso em €, a condição de cálculo e o número de recursos providos. A Figura 5.14 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

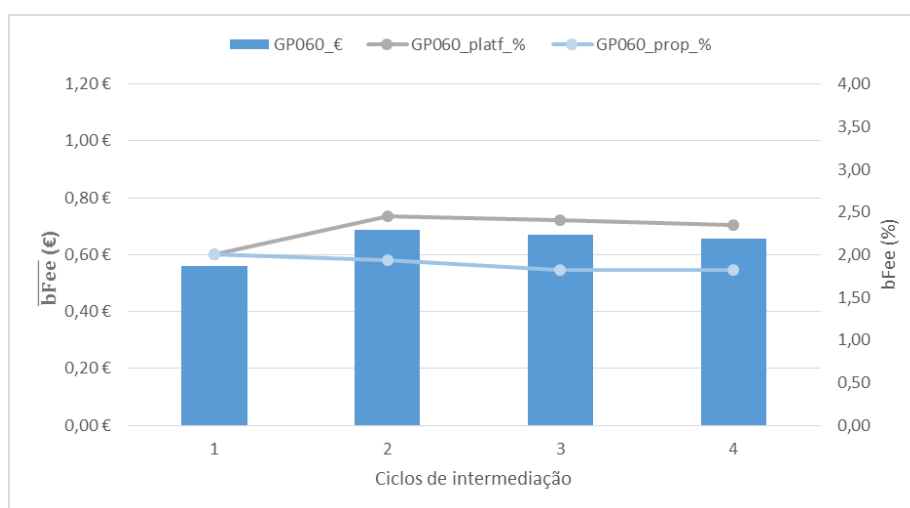


Figura 5.14: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação propostas pelo GP\_060, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.17: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação do GP\_060, #recursos e condição de cálculo.

Prov	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	bFee		$\overline{bFee}$ (€)
					Prov. (%)	Platf. (%)	
GP_060	60	1	1	100	2,00	2,00	0,56
		2	12	100	1,93	2,45	0,69
		3	12	100	1,82	2,40	0,67
		4	12	100	1,82	2,35	0,66

No primeiro ciclo de intermediação, o grupo de empresas provedoras GP\_060 envia uma proposta de taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite pela plataforma.

No segundo ciclo de intermediação, o grupo de empresas provedoras GP\_060 envia uma proposta de taxa de intermediação de 1,93 % que é rejeitada pela plataforma. A plataforma envia uma nova contra-oferta com uma taxa de 2,45 % que é calculada de acordo com a condição 10 da Tabela 4.3.

No terceiro e quarto ciclo de intermediação, o GP\_060 propõe o pagamento de uma taxa de intermediação de 1,82 % a aplicar ao preço do recurso. A taxa proposta é rejeitada pelo agente SLA da plataforma em ambas as negociações. Posteriormente, envia uma contra-proposta de 2,40 % e de 2,35 % para o terceiro e para o quarto ciclo de intermediação, respetivamente, sendo aceites pelo grupo de provedores.

Num quarto passo, são analisados os resultados obtidos para o GP\_080 que foi definido com uma confiança de 80 %, sendo apresentado na Tabela 5.18 os resultados da taxa de intermediação proposta, a contra-oferta do agente SLA da plataforma, a taxa de intermediação média paga por recurso em €, a condição de cálculo e o número de recursos providos. A Figura 5.15 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

Tabela 5.18: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação do GP\_080, #recursos e condição de cálculo.

Prov	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	bFee		$\overline{bFee}$ (€)
					Prov. (%)	Platf. (%)	
GP_080	80	1	1	100	2,00	2,00	0,56
		2	6	100	1,90	1,97	0,55
		3	6	100	1,76	1,94	0,54
		4	6	100	1,76	1,91	0,53

No primeiro ciclo de intermediação, o grupo de empresas provedoras GP\_080 envia uma proposta de taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite pelo agente SLA da plataforma.

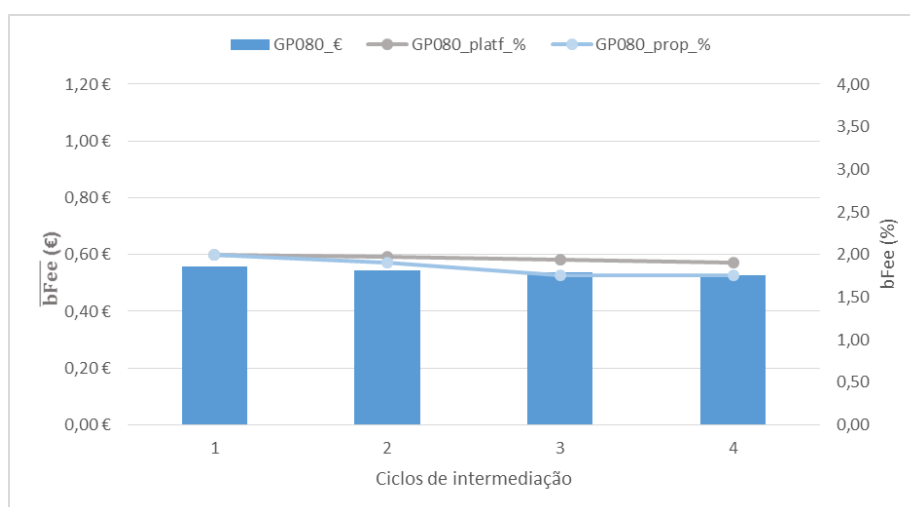


Figura 5.15: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação propostas pelo GP\_080, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Nos restantes ciclos, o GP\_080 envia as suas propostas ao agente SLA da plataforma, e este analisa-as conforme a condição 6 da Tabela 4.3. Nesta condição, a gama de valores da contra-oferta pode variar entre 1,50 % para um valor acumulado de 999 recursos e 2,00 % para 1 recurso.

Assim, no segundo ciclo de intermediação, o GP\_080 propõe uma taxa de intermediação de 1,90 % para um valor acumulado de 100 recursos. A plataforma analisa este valor, mas, como está fora da gama de valores desejado, rejeita-a. Assim sendo, envia uma contra-oferta no valor de 1,97 % que é aceite pelo grupo de provedores.

No terceiro e quarto ciclo de intermediação, o GP\_080 propõe o pagamento de uma taxa de intermediação de 1,76 % a aplicar ao preço do recurso. A taxa proposta é rejeitada pela plataforma em ambas as negociações. Posteriormente, envia uma contra-oferta de 1,94 % e de 1,91 % para o terceiro e para o quarto ciclo de intermediação, respetivamente. Estas contra-ofertas são aceites pelos provedores.

Num quinto e último passo, são analisados os resultados obtidos para o GP\_100 que foi definido com uma confiança de 100 %, sendo apresentados na Tabela 5.19 os resultados da taxa de intermediação proposta, a contra-oferta do agente SLA da plataforma, a taxa de intermediação média paga por recurso em €, a condição de cálculo e o número de recursos providos. A Figura 5.16 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

Para este grupo de provedores, as contra-ofertas realizadas pelo agente SLA da plataforma são análogas às do GP\_080. Isto ocorre, porque a condição de

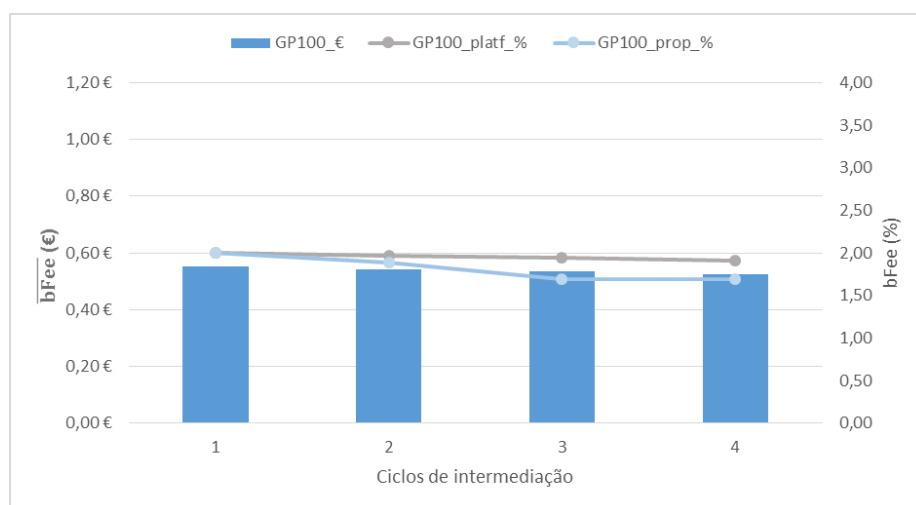


Figura 5.16: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação propostas pelo GP\_100, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.19: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação do GP\_100, #recursos e condição de cálculo.

Prov	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
					Prov. (%)	Platf. (%)	
GP_100	100	1	1	100	2,00	2,00	0,55
		2	3	100	1,89	1,97	0,54
		3	3	100	1,69	1,94	0,53
		4	3	100	1,69	1,91	0,53

cálculo 3 da Tabela 4.3 apresenta resultados iguais à condição 6 utilizada para o GP\_080. Apenas existe diferenças nas taxas de intermediação propostas, uma vez que a auto-confiança é diferente do caso anterior.

Por fim, é apresentado na Tabela 5.20 o preço médio dos recursos fornecidos pelos diversos grupos de empresas provedoras. O preço médio por recurso é resultado da aglutinação entre a taxa de intermediação que o provedor paga à plataforma e o preço base do recurso. A Figura 5.17 apresenta o gráficos dos resultados.

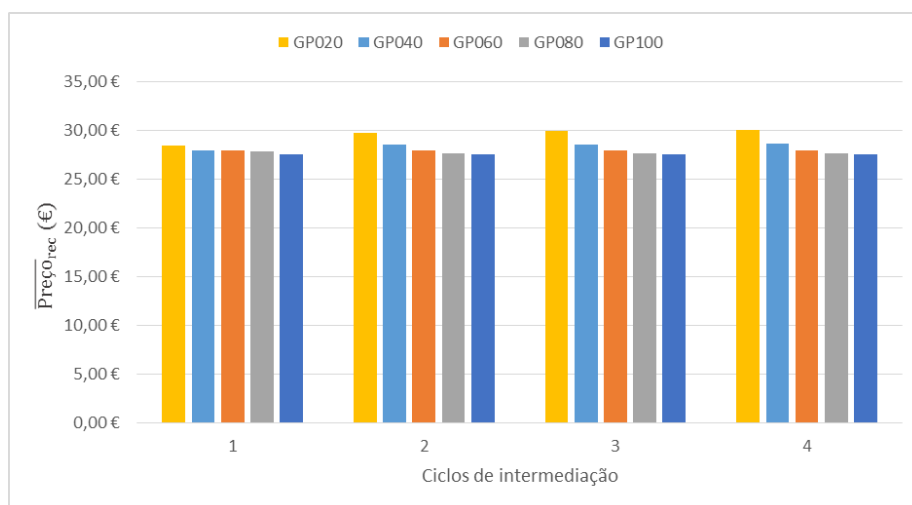


Figura 5.17: Teste Rneg\_PCV – Preço médio dos recursos dos provedores.

Tabela 5.20: Teste Rneg\_PCV – Resultados do preço médio dos recursos providos.

Negociação	GP_020 (20%)	GP_040 (40%)	GP_060 (60%)	GP_080 (80%)	GP_100 (100%)
1	28,49 €	28,01 €	27,97 €	27,82 €	27,59 €
2	29,80 €	28,58 €	28,01 €	27,67 €	27,58 €
3	29,99 €	28,61 €	27,98 €	27,65 €	27,58 €
4	30,09 €	28,63 €	27,96 €	27,63 €	27,57 €

Como é possível verificar na Figura 5.17, no primeiro ciclo de intermediação, em que a taxa de intermediação é igual para todas as empresas provedoras, os grupos de provedores menos credíveis pagam um preço médio por recurso mais alto. Isto ocorre porque a plataforma implementada possui um modelo de confiança entre pares descentralizado a partir das últimas interações diretas entre as partes interessadas. Isto permite, que os provedores com pior desempenho vendam os seus recursos com um preço mais elevado introduzindo, assim, equidade na plataforma, ou seja, os provedores com melhor confiança apresentam convites com melhores preços, logo têm a probabilidade de colocar mais recursos em relação os provedores com pior confiança.

No próximo sub-tópico, serão analisados os resultados obtidos para os consumidores.

### 5.3.2.2 Consumidores

Este teste envolve 5 empresas consumidoras – C\_501, C\_502, C\_503, C\_504 e C\_505 – que cumprem com os seus compromissos no pagamento dos recursos, ou seja, possuem uma confiança de 100%. Assim sendo, começa-se por analisar as taxas de intermediação que as empresas consumidoras propõem pagar à plataforma.

Na Tabela 5.21 são apresentados os resultados das taxas de intermediação propostas à plataforma e as contra-ofertas. A Figura 5.18 apresenta o gráfico dos resultados.

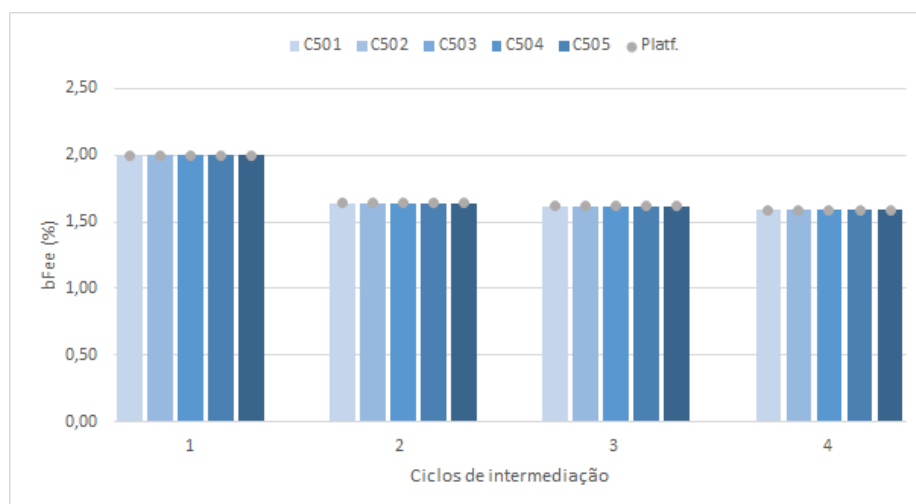


Figura 5.18: Teste Rneg\_PCV – Taxas de intermediação propostas pelos consumidores.

Como é possível observar, as empresas consumidoras apresentam as suas propostas de taxa de intermediação à plataforma e esta aceita-as em todos os ciclos. Isto ocorre, porque a taxa de intermediação calculada pela plataforma é inferior à taxa proposta pela empresa consumidora. A aceitação do valor proposta pela empresa implica um maior lucro para a plataforma.

No próximo tópico será são apresentados e analisados os resultados obtidos para o teste de consumidores e provedores configurados com uma confiança variável num cenário de equilíbrio de recursos.

## 5.4 Consumidores e Provedores de Confiança Variável

A experiência com os Consumidores e Provedores com Confiança Variável (CPCV) foi realizada através da introdução de 5 empresas consumidoras – C\_501, C\_502, C\_503, C\_504 e C\_505 – e 50 empresas provedoras que foram agrupadas consoante

Tabela 5.21: Teste Rneg\_PCV – Resultados das Taxas de intermediação propostas pelos consumidores.

Consumidores	Confiança (%)	Negociação	Prov. (%)	Contra-Oferta (%)
C_501	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59
C_502	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59
C_503	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59
C_504	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59
C_505	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59

a sua credibilidade – GP\_020, GP\_040, GP\_060, GP\_080 e G\_100. As empresas consumidoras pretendem adquirir 1000 VM cada e cada empresa provedora possui 100 recursos para prover.

Assim sendo, nesta experiência, o C\_501 e o GP\_020 foram definidos com uma confiança de 20 %, o C\_502 e o GP\_040 com uma confiança de 40 %, o C\_503 e o GP\_060 com uma confiança de 60 %, o C\_504 e o GP\_080 com uma confiança de 80 %, o C\_505 e o GP\_100 com uma confiança de 100 %.

Os valores de configuração de ambas as empresas são apresentados na Tabela. 5.22.

Os testes para estas configurações foram realizados, primeiramente, sem renegociação contratos bSLA e, posteriormente, com a introdução da renegociação.

#### 5.4.1 Sem Renegociação

Este teste, que se designa Teste Sneg\_CPCV, foram definidas 5 empresas consumidoras e 50 empresas provedoras onde não existe renegociação dos contratos bSLA. Ambas as empresas foram configuradas com confianças variáveis.

Tabela 5.22: Teste CPCV – Configurações das empresas consumidores e das provedores

	ID	Trust (%)	#VM
<b>Consumidores</b>	C_501	20	1000
	C_502	40	1000
	C_503	60	1000
	C_504	80	1000
	C_505	100	1000
<b>Grupos de Provedores</b>	GP_020	20	100
	GP_040	40	100
	GP_060	60	100
	GP_080	80	100
	GP_100	100	100

#### 5.4.1.1 Consumidores

Para este teste foram definidas 5 empresas consumidoras que pretendem adquirir um total de 5000 recursos em cada ciclo de intermediação sendo configurados com diferentes confianças.

Com efeito, na Tabela 5.23 são apresentados os resultados do preço médio dos recursos pagos pelos consumidores em cada ciclo de intermediação e a Figura 5.19 apresenta-se o respetivo gráfico dos resultados. O preço final dos recursos, para uma empresa consumidora, é o resultado da aglutinação do preço base do recurso, da taxa de intermediação do provedor e da taxa de intermediação do consumidor.

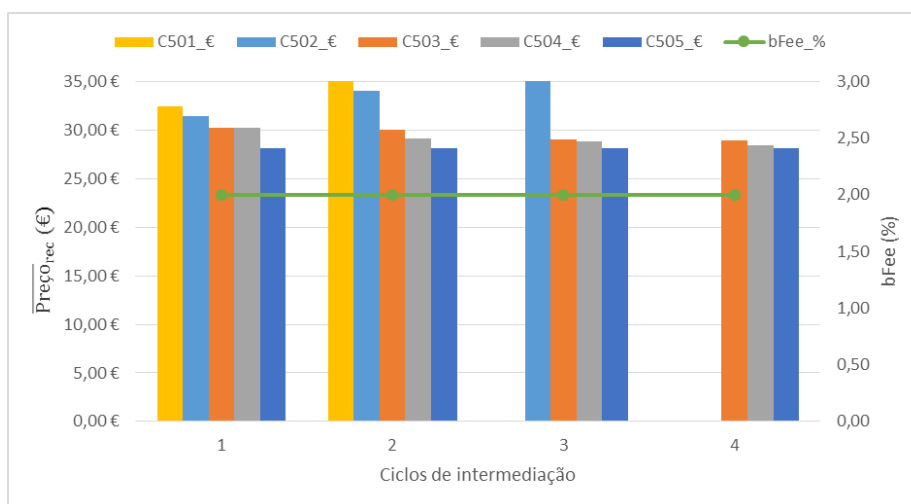


Figura 5.19: Teste Sneg\_CPCV – Preço Médio dos recursos.

Visto que, o cenário analisado não possui renegociação dos contratos bSLA a taxa de intermediação mantém-se nos 2,00 % independentemente do compor-

Tabela 5.23: Teste Sneg\_CPCV – Resultados do preço médio dos recursos.

Negociação	C_501 (20%)	C_502 (40%)	C_503 (60%)	C_504 (80%)	C_505 (100%)
1	32,44 €	31,47 €	30,26 €	30,24 €	28,14 €
2	36,05 €	34,06 €	29,99 €	29,12 €	28,14 €
3	—	35,49 €	29,03 €	28,87 €	28,14 €
4	—	—	28,93 €	28,40€	28,14 €

tamento das empresas. Contudo, o mesmo não sucede com o preço base dos recursos.

Como é possível verificar, o C\_505 consegue comprar os seus recursos com o menor preço possível, uma vez que possuiu uma confiança de 100 %, comprando todos os seus recursos ao GP\_100 que também possuiu uma confiança de 100 %. Estes consumidor consegue adquirir os 4000 recursos desejados.

Por sua vez, o C\_504 consegue adquirir os 4000 recursos desejados pagando um preço superior ao C\_505. Este resultado é o esperado, dado que possui uma credibilidade inferior ao C\_505.

Já o C\_503 dos 4000 recursos desejados apenas conseguir adquirir 3648. Isto ocorreu porque está empresa deixou de ser confiável para as empresas provedoras, recusando, deste modo, os convites de negociação.

Por fim, o C\_501 apenas conseguiu comprar recursos nos dois primeiros ciclos e o C\_502 nos três primeiro. O C\_501 quando comparado com as restantes empresas consumidoras é o que pagou um preço médio por recurso mais alto, uma vez que possui a pior confiança.

Na próximo sub-tópicos são analisados os resultados obtidos para as empresas provedoras.

#### 5.4.1.2 Provedores

Para este teste foram definidas 50 empresas provedoras que foram agrupadas em 5 grupos escalonados com diferentes confianças. Cada provedor possui 100 recursos para prover.

Na Tabela 5.24, são apresentados os resultados do preço médio de cada recurso e a taxa de intermediação e a Figura 5.20 apresenta o gráfico dos respetivos resultados.

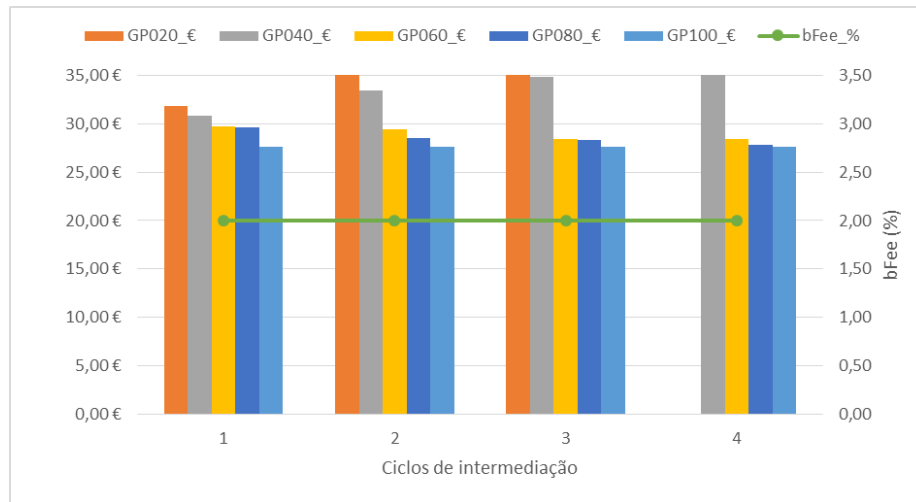


Figura 5.20: Teste Sneg\_CPCV – Preço Médio dos recursos providos.

Tabela 5.24: Teste Sneg\_CPCV – Resultados do preço médio dos recursos providos e *bFee*.

Negociação	bFee (%)	P_020 (20%)	GP_040 (40%)	GP_060 (60%)	GP_080 (80%)	GP_100 (100%)
1	2,00	31,85 €	30,86 €	29,68 €	29,60 €	27,60 €
2	2,00	35,33 €	33,40 €	29,45 €	28,55 €	27,60 €
3	2,00	35,89 €	34,78 €	28,46 €	28,30 €	27,58 €
4	2,00	—	34,99 €	28,46 €	27,75 €	27,58 €

Visto que, o cenário analisado não possui renegociação dos contratos bSLA a taxa de intermediação mantém-se nos 2,00% independentemente do comportamento das empresas. Contudo, o mesmo não acontece com o preço base dos recursos.

Por um lado, o GP\_020 foi o que proveu menos recursos, ou seja, no primeiro ciclo proveu 485 recursos, no segundo 400, no terceiro 62 e no quarto não conseguiu prover qualquer recurso. Este grupo de empresas provedoras foi o que forneceu os recursos com o preço médio mais elevado, visto que possui a pior confiança.

Por outro lado, o GP\_100 foi o único grupo que conseguiu prover todos os seus recursos com o preço médio por recurso mais baixo.

O G\_080 conseguiu prover os recursos disponíveis nos três primeiros ciclos de intermediação, sendo que no último apenas conseguiu prover 696 recursos.

Por fim, o GP\_040 e GP\_060 não conseguiram prover todos os seus recursos ao longo dos ciclos, sendo que o GP\_060 proveu menos recursos que o GP\_060, o que era de se espera. Assim sendo, o GP\_060 proveu 961 no primeiro ciclo, 926 no segundo, 508 no terceiro e 405 no quarto. Já o GP\_040 proveu 479 no primeiro ciclo, 404 no segundo, 66 no terceiro e apenas 2 no quarto ciclo de intermediação.

Na próxima secção são analisados os resultados obtidos para as empresas consumidoras e provedoras com introdução da renegociação dos contratos.

## 5.4.2 Com Renegociação

Este teste, que se designa Teste Rneg\_CPCV, foram definidos 5 empresas consumidoras e 50 empresas provedoras onde existe renegociação dos contratos bSLA. Ambas as empresas foram configuradas com confianças variáveis.

### 5.4.2.1 Consumidores

Os testes às empresas consumidoras foram definidos de forma a avaliar-se qual as bonificações e/ou penalizações que essas empresas poderão ter conforme o seus comportamentos durante as quatro negociações do contrato bSLA.

Num primeiro passo, são analisados os resultados para as empresas consumidoras – C\_501, C\_502, C\_503, C\_504 e C\_505 – sendo apresentado na Tabela 5.25 os resultados da taxa de intermediação proposta, as contra-ofertas da plataforma, a taxa de intermediação média paga por cada recurso e o número de recursos adquiridos em cada ciclo. A Figura 5.21 apresenta as taxas de intermediação propostas e contra-propostas.

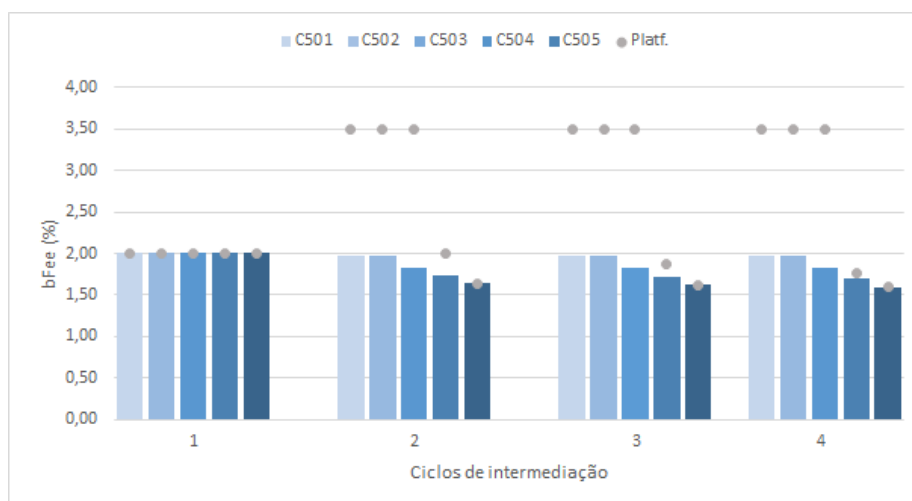


Figura 5.21: Teste Rneg\_CPCV – Taxas de intermediação propostas pelos consumidores e contra-propostas.

Tabela 5.25: Teste Rneg\_CPCV –  $bFee$  do C\_501 a C\_505.

Cons	Confiança (%)	Neg.	#Recursos	$bFee$	
				Cons. (%)	Platf. (%)
C_501	20	1	641	2,00	2,00
		2	57	1,97	3,50
		3	0	1,97	3,50
		4	0	1,97	3,50
C_502	40	1	437	2,00	2,00
		2	114	1,97	3,50
		3	63	1,97	3,50
		4	0	1,97	3,50
C_503	60	1	391	2,00	2,00
		2	179	1,83	3,50
		3	82	1,82	3,50
		4	0	1,82	3,50
C_504	80	1	1000	2,00	2,00
		2	776	1,74	2,00
		3	883	1,72	1,88
		4	904	1,70	1,76
C_505	100	1	1000	2,00	2,00
		2	1000	1,64	1,64
		3	1000	1,62	1,62
		4	1000	1,59	1,59

Como é possível verificar nos gráficos anteriores, apenas o C\_504 e o C\_505 conseguem comprar recursos em todos os ciclos de intermediação, sendo que apenas o C\_505 consegue adquirir todos os recursos pretendidos.

Assim sendo, no primeiro ciclo de intermediação, o C\_505 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 2,00% que é aceite. Como este consumidor não falha na pagamento dos recursos vê, assim, a sua taxa de intermediação reduzir ao longo dos ciclos, sendo no segundo de 1,64%, no terceiro de 1,62% e no quarto de 1,59%. O mesmo sucede-se com o C\_504, porém, este paga taxas de intermediação mais elevadas em cada ciclo, uma vez que também possui pior confiança. Contudo, este não consegue adquirir os recursos desejados a partir do segundo ciclo, uma vez que deixa de ser confiável e as empresas provedoras rejeitam os convites para negociar.

O mesmo não se sucede para o consumidor C\_501, C\_502 e C\_503. Para estes consumidores, do primeiro para o segundo ciclo, a taxa de intermediação é agravada dos 2,00% para os 3,50%. Isto ocorreu, porque foi implementado um sistema que gera as falhas de uma forma aleatória. Assim, no primeiro ciclo estes consumidores tiveram varias falhas de pagamento consecutivas o que lhes proporcionaram uma confiança inferior a 20%. Teoricamente, até ao final dos quatro ciclos de intermediação a confiança deveria aumentar em direção aos valores de configuração. Porém, como estes consumidores deixaram de ser confiáveis as empresas provedoras rejeitaram o convite para negociar, sendo que, em cada ciclo

de negociação, cada consumidor está configurado para enviar 30 convites.

No próximo sub-tópico são analisados os resultados obtidos para as empresas provedoras.

#### 5.4.2.2 Provedores

Como abordado anteriormente, foram definidas 50 empresas provedoras, com 100 recursos cada e que são agrupados em 5 grupos conforme os seus ID.

Assim, na Tabela 5.26 são apresentados os resultados das taxas de intermediação propostas à plataforma e as respectivas contra-ofertas e a Figura 5.22 apresenta o gráfico dos resultados.

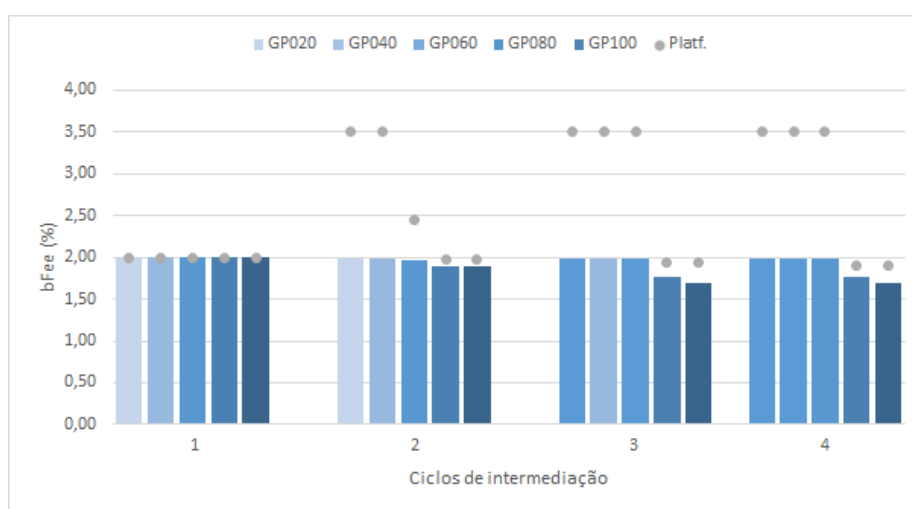


Figura 5.22: Teste Rneg\_CPCV – Taxa de intermediação proposta e contra-oferta.

Como é possível verificar, o GP\_100 e o GP\_080 pagam taxas de intermediação, por cada recurso transacionado, iguais. Estes resultados são os esperados, visto que a condição 3 para o GP\_100 e a condição 9 para o GP\_80 da Tabela 4.3 apresentam resultados análogos, podendo-se concluir que proveram todos os seus recursos.

No GP\_060 é possível verificar que do segundo para o terceiro ciclo existiu uma penalização na confiança. Esta ocorrência deve-se ao mecanismo de falhas aleatórias implementado. Assim, do segundo para o terceiro ciclo, o GP\_060 falhou consecutivamente no fornecimento dos seus recursos ficando com uma confiança inferior a 20 %. Por consequência, este deixou de ser confiável para os consumidores não sendo convidado para as negociações, permanecendo assim a sua confiança a rondar os 20 %, uma vez que negocia um número mínimo de recursos.

O GP\_040 sofre um processo análogo ao GP\_060, sendo que no último ciclo de intermediação não consegue vender qualquer recurso.

Tabela 5.26: Teste Rneg\_CPCV – Resultados das taxas de intermediação propostas e contra-ofertas.

Grupo de Provedores	Confiança (%)	Negociação	Prov. (%)	Contra-Oferta (%)
GP_020	20	1	2,00	2,00
		2	1,99	3,50
		3	1,99	3,50
		4	1,99	3,50
GP_040	40	1	2,00	2,00
		2	1,99	3,50
		3	1,99	3,50
		4	1,99	3,50
GP_060	60	1	2,00	2,00
		2	1,97	2,45
		3	1,98	3,50
		4	1,98	3,50
GP_080	80	1	2,00	2,00
		2	1,90	1,97
		3	1,76	1,94
		4	1,76	1,91
GP_100	100	1	2,00	2,00
		2	1,89	1,97
		3	1,69	1,94
		4	1,69	1,91

Por fim, o GP\_020, é o que vende menos recursos, sendo que no terceiro e quarto ciclo de intermediação não conseguem transacionar nenhum recurso.

No próximo tópico são apresentados e analisados os resultados obtidos para o teste com os consumidores configurados com a confiança variável num cenário onde existe excesso de oferta .

## 5.5 Consumidores de Confiança Variável – Excesso Oferta

O teste Consumidores Com Confiança Variável em Excesso Oferta (CCVE) foi realizado através da introdução de 5 consumidores – C\_501, C\_502, C\_503, C\_504 e C\_505 – e 100 provedores agrupados em 5 grupos – GP\_020, GP\_040, GP\_060, GP\_080 e GP\_100. Os consumidores pretendem adquirir 1000 VM cada e cada provedor possui 100 recursos para prover.

Com efeito, as empresas provedoras foram definidas para não falharem no fornecimento dos recursos, ou seja, têm a confiança a 100%. Estas empresas foram agrupadas, sendo que os provedores com *ID* entre 1 e 20 pertencem ao grupo GP\_020, entre 21 e 40 ao grupo GP\_040, entre 41 e 60 ao grupo GP\_060, entre 61 e 80 ao grupo GP\_080 e entre 81 e 100 ao grupo GP\_100. Já as empresas consumidoras foram configuradas da seguinte forma: o C\_501 com uma confiança de 20 %, o C\_502 com uma confiança de 40 %, o C\_503 com uma confiança de

60 %, o C\_504 com uma confiança de 80 % e, por fim, o C\_505 com uma confiança de 100 %. O conjunto das empresas provedoras tem capacidade para responder a 10000 pedidos de recursos. Por outro lado, os consumidores pretendem adquirir os 5000 recursos, o que origina um cenário de excesso de oferta.

Os valores de configuração de ambas as empresas são apresentados na Tabela 5.27.

Tabela 5.27: CCVE: Configurações das empresas consumidores e das provedoras.

	ID	Confiança (%)	#VM
<b>Consumidores</b>	C_501	20	1000
	C_502	40	1000
	C_503	60	1000
	C_504	80	1000
	C_505	100	1000
<b>Grupo de Provedores</b>	GP_020	100	100
	GP_040	100	100
	GP_060	100	100
	GP_080	100	100
	GP_100	100	100

Os testes para estas configurações foram realizados, primeiramente, sem renegociação dos contratos bSLA e, posteriormente, com a introdução da renegociação.

### 5.5.1 Sem Renegociação

Esta experiência, que se designa Teste Sneg\_CCVE, envolve 100 empresas provedoras com confiança fixa e 5 empresas consumidoras com confiança variável. Neste teste não existe renegociação dos contratos bSLA.

#### 5.5.1.1 Consumidores

Para esta experiência foram definidos 5 consumidores, configuradas com diferentes confianças, que pretendem adquirir 1000 recursos por cada ciclo de intermediação.

Com efeito, na Tabela 5.28 são apresentados os resultados do preço médio por recurso pago pelos consumidores em cada negociação e na Figura 5.23 apresenta-se o respetivo gráfico dos resultados. O preço final dos recursos, para as empresas consumidoras, é o resultado da aglutinação do preço base do recurso, da taxa de intermediação do provedor e da taxa de intermediação do consumidor.

Visto que, o cenário analisado não possui renegociação dos contratos bSLA a taxa de intermediação mantém-se nos 2,00 % independentemente do comportamento das empresas. Contudo, o mesmo não sucede com o preço base dos recursos.

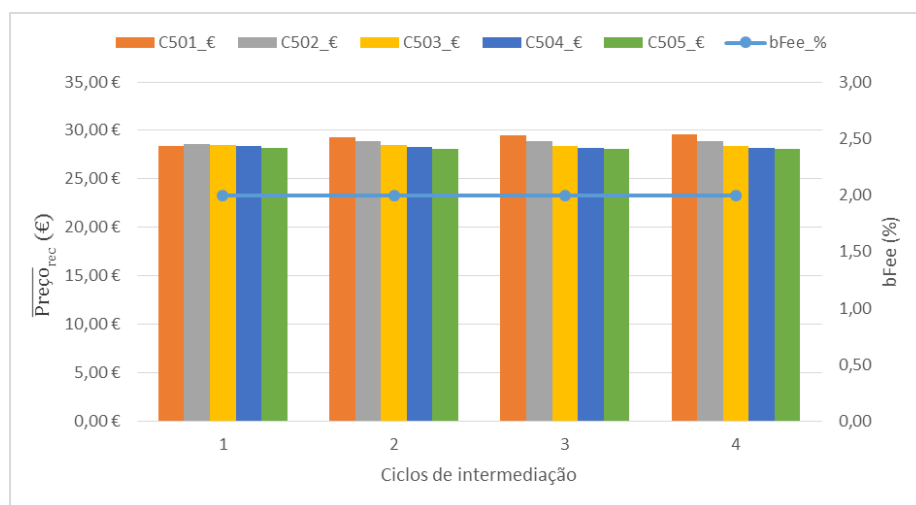


Figura 5.23: Teste Sneg\_CCVE – Preço médio dos recursos.

Tabela 5.28: Teste Sneg\_CCVE – Resultados do preço médio dos recursos.

Negociação	C_501 (20%)	C_502 (40%)	C_503 (60%)	C_504 (80%)	C_505 (100%)
1	28,93 €	28,60 €	28,53 €	28,36 €	28,14 €
2	29,83 €	28,89 €	28,46 €	28,24 €	28,14 €
3	30,08 €	28,90 €	28,43 €	28,22 €	28,14 €
4	30,15 €	28,92 €	28,43 €	28,22 €	28,14 €

Com efeito, como o C\_505 é o que paga um preço médio por recursos mais baixo – 28,18 € – dado que não falha no pagamento de qualquer recurso.

O C\_504 e C\_503, que apesar de falhar no pagamento de 20% e 40% dos recursos, respetivamente, conseguem obter descontos progressivos no preço médio por recurso, mas sempre superiores ao da empresa consumidora C\_505, visto que são menos credíveis.

No extremo oposto, encontra-se o C\_501 que falhou no pagamento de 80% dos recursos adquiridos, sendo que, por consequência, o preço médio por recurso vai aumentando gradualmente a cada negociação, sendo no primeiro ciclo de intermediação de 28,93 €, no segundo de 29,83 €, no terceiro de 30,08 € e no quarto de 30,15 €.

O mesmo sucede-se com o C\_502, porém este foi configurado com uma confiança superior ao C\_501, logo o preço médio de cada recurso será ligeiramente mais baixo. Assim, no primeiro ciclo de intermediação, esta empresa consumidora pagou em média 28,60 € por cada recurso, no segundo 28,89 €, no terceiro

28,90 € e no quarto 28,92 €.

No sub-tópico segundo são apresentados e analisados os resultados obtidos para as empresas provedoras.

### 5.5.1.2 Provedores

Para este teste foram definidos 100 empresas provedoras que foram agrupadas em 5 grupos com uma confiança de 100 %. Cada provedor possui 100 recursos para prover.

Na Tabela 5.29, são apresentados os resultados do preço médio de cada recurso e a taxa de intermediação e a Figura 5.24 apresenta o gráfico dos respectivos resultados.

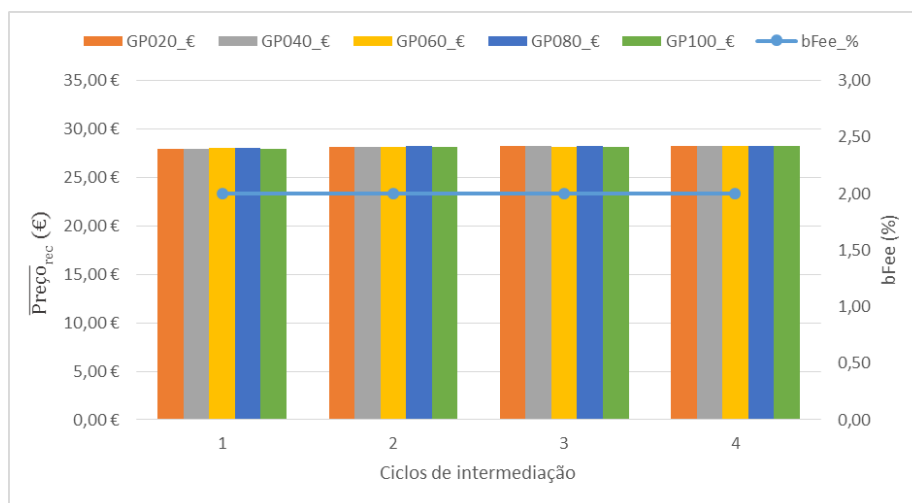


Figura 5.24: Teste Sneg\_CCVE – Preço médio dos recursos providos.

Tabela 5.29: Teste Sneg\_CCVE – Resultados do preço médio dos recursos providos e *bFee*.

Negociação	bFee (%)	P_020 (100 %)	GP_040 (100 %)	GP_060 (100 %)	GP_080 (100 %)	GP_100 (100 %)
1	2,00	27,92 €	27,97 €	28,01 €	27,92 €	27,92 €
2	2,00	28,18 €	28,16 €	28,16 €	28,13 €	28,13 €
3	2,00	28,22 €	28,21 €	28,18 €	28,19 €	28,19 €
4	2,00	28,26 €	28,22 €	28,20 €	28,23 €	28,23 €

Como é possível observar, a taxa de intermediação mantém o seu valor de 2,00 % em todos os ciclos de intermediação, o que significa que não ocorre renegociação, como esperado.

Como é possível verificar, os preços médios por recurso para os diferentes grupos de provedores apresentam pequenas diferenças. Pode-se concluir, que os provedores proveram os seus recursos em quantidades equitativas para os diversos consumidores.

No próximo sub-tópico, são apresentados os resultados para as configurações anteriores com renegociação dos contratos bSLA.

## 5.5.2 Com Renegociação

Esta experiência, que se designa Teste Cneg\_CCVE, envolve 100 empresas provedoras com confiança fixa e 5 empresas consumidoras com confiança variável. Neste teste foi introduzida a renegociação dos contratos bSLA.

### 5.5.2.1 Consumidores

Os testes às empresas consumidoras, com diferentes confianças, foram definidos de forma a avaliar-se qual as bonificações e/ou penalizações que essas empresas poderão ter conforme o seus comportamentos durante as quatro negociações do contrato bSLA.

Num primeiro passo, é analisado o C\_501 que foi definido com uma confiança de 20 %, sendo apresentado na Tabela 5.30 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo C\_501, a contra-oferta da plataforma, taxa de intermediação média paga por cada recurso e o número de recursos adquiridos. A Figura 5.25 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

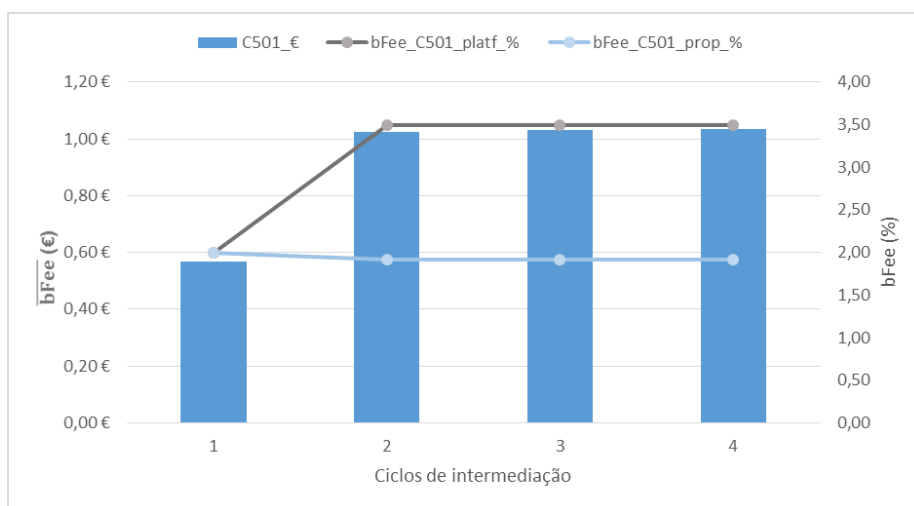


Figura 5.25: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C\_501, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.30: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação do C\_501.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	bFee		$\overline{bFee}$ (€)
					C_501 (%)	Platf. (%)	
C_501	20	1	1	1000	2,00	2,00	0,57
		2	16	1000	1,92	3,50	1,03
		3	16	1000	1,91	3,50	1,03
		4	16	1000	1,91	3,50	1,03

Com efeito, no primeiro ciclo de intermediação, o C\_501 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite, pagando cerca de 0,53 € de taxa de intermediação por cada recurso transacionado.

No segundo ciclo de intermediação, o C\_501 já adquiriu 1000 recursos propondo, assim, uma taxa de intermediação de 1,92 %. Como este consumidor tem uma confiança de 20 %, a plataforma aplica-lhe a penalização máxima de 3,50 % que corresponde à condição 13 da Tabela 4.2. De seguida, a plataforma envia a contra-oferta para o C\_501 que é aceite. Como a confiança desta empresa consumidora não melhora ao longa dos ciclos de intermediação, a plataforma aplica-lhe sempre a penalização máxima, apesar de o C\_501 propor sempre valores mais baixos.

Num segundo passo, são analisados os resultados obtidos para o C\_502 que foi definido com uma confiança de 40 %, sendo apresentados na Tabela 5.31 os resultados da taxa de intermediação proposta, a contra-oferta, a taxa de intermediação paga por cada recurso e o número de recursos adquiridos. A Figura 5.26 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

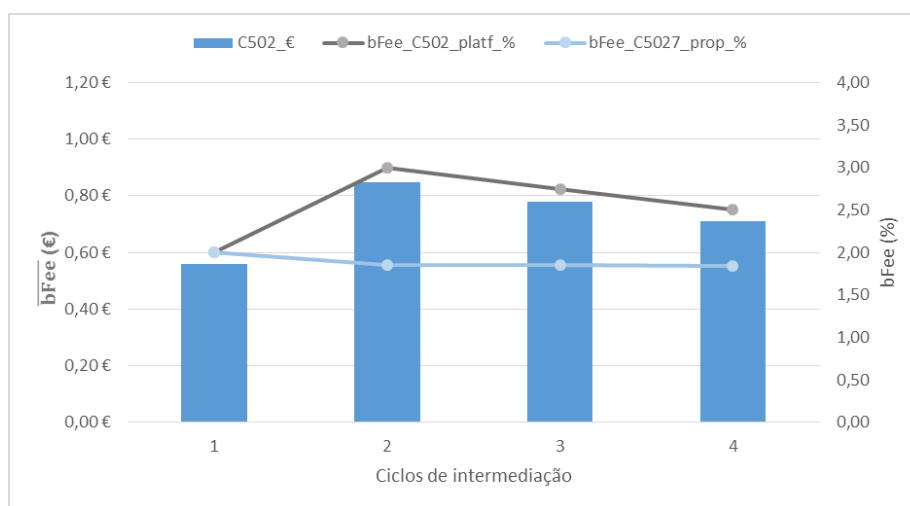


Figura 5.26: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C\_502, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.31: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação do C\_502.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	<i>bFee</i>		$\overline{bFee}$
					C_502 (%)	Platf. (%)	(€)
C_502	40	1	1	1000	2,00	2,00	0,56
		2	14	1000	1,85	3,00	0,85
		3	14	1000	1,85	2,75	0,78
		4	14	1000	1,84	2,50	0,71

Com efeito, no primeiro ciclo de intermediação, o C\_502 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 2,00 %. A plataforma recebe esse valor e aceita-o, ficando, assim, o C\_502 a pagar cerca de 0,56 € de taxa de intermediação por cada recurso requerido. No total dos 1000 recursos, irá pagar cerca de 56 € à plataforma pela intermediação no negócio.

No segundo ciclo de intermediação, o C\_502 propõe-se pagar 1,85 % de taxa de intermediação sobre o valor de cada recurso. Porém, a plataforma rejeita esse valor, uma vez que ele falhou no pagamento de 60 % dos recursos requeridos, aplicando-lhe uma penalização. A penalização agrava o valor da taxa de intermediação de 2,00 % para 3,00 %, pagando por cada recurso intermediado cerca de 0,85 €. A nova taxa foi calculada de acordo com a condição 14 da Tabela 4.2. Nesta condição o valor da contra-oferta irá variar entre os 2,50 % para um acumulado de 3000 recursos e 3,00 % para 1000 recursos.

No terceiro ciclo de intermediação, o C\_502 propõe à plataforma uma nova taxa de intermediação de 1,85 %. A plataforma analisa este valor e rejeita-o novamente. Apesar de o ter rejeitado, diminui o valor da taxa anterior de 3,00 % para 2,75 %.

No quarto e último ciclo de intermediação, o C\_502 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 1,84 %, valor que é novamente rejeitado, enviando o agente SLA da plataforma uma contra-oferta de 2,50 % que é aceite pela empresa consumidora. Tal como nos ciclos anteriores, a taxa de intermediação da contra-oferta foi calculada de acordo com a condição 14 da Tabela 4.2.

Num terceiro passo, são analisados os resultados obtidos para o C\_503 que foi definido com uma confiança de 60 %, sendo apresentado na Tabela 5.7 os resultados da taxa de intermediação proposta, a contra-oferta, a taxa de intermediação paga por cada recurso e o número de recursos adquiridos. A Figura 5.5 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

No primeiro ciclo de intermediação, o C\_503 envia uma proposta de taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite pela plataforma. Nesta negociação, o C\_503 paga cerca de 0,56 € de taxa por cada recursos requerido.

No segundo ciclo de intermediação, o C\_503 propõe uma taxa de intermediação de 1,79 % que é rejeitada pela plataforma. A plataforma envia uma nova

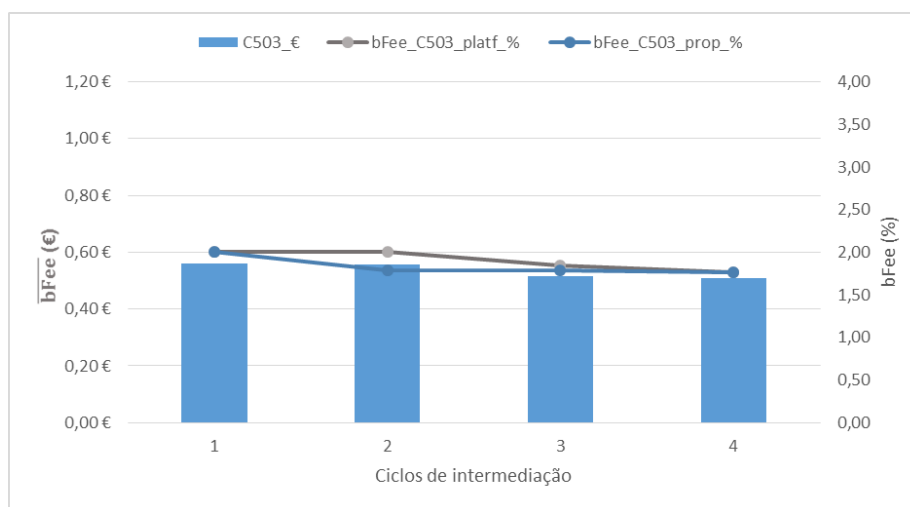


Figura 5.27: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C\_503, contra- ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.32: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação do C\_503.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
					C_503 (%)	Platf. (%)	
C_503	60	1	1	1000	2,00	2,00	0,56
		2	10	1000	1,79	2,00	0,56
		3	10	1000	1,79	1,85	0,52
		4	10	1000	1,77	1,77	0,51

contra- oferta com uma taxa de 2,00 % que é calculada de acordo com a condição 10 da Tabela 4.2. Nesta condição, contra- oferta realizada pelo agente SLA da plataforma poderá variar entre 1,70 % para um acumulado de 3000 recursos e 2,00 % para um acumulado de 1000 recursos.

No terceiro ciclo de intermediação, o C\_503 propõe o pagamento de uma taxa de intermediação de 1,78 % a aplicar ao preço do recurso. A taxa proposta é rejeitada pela plataforma que envia, posteriormente, uma contra- oferta de 1,85 % que é aceite pelo consumidor.

No quarto ciclo de intermediação, este consumidor envia uma proposta de taxa de intermediação de 1,75 % que é aceite pela plataforma. A plataforma aceita este valor, uma vez que o valor mínimo calculado para existir uma contra- oferta seria de 1,70 %. Uma vez que, 1,75 % é superior a 1,70 % a plataforma aceita a proposta obtendo um lucro superior ao esperado.

Num quarto passo, são analisados os resultados obtidos para o C\_504 que foi definido com uma confiança de 80 %, sendo apresentados na Tabela 5.33 os resultados da taxa de intermediação proposta, a contra- oferta, a taxa de interme-

dição paga por cada recurso e o número de recursos adquiridos. A Figura 5.28 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

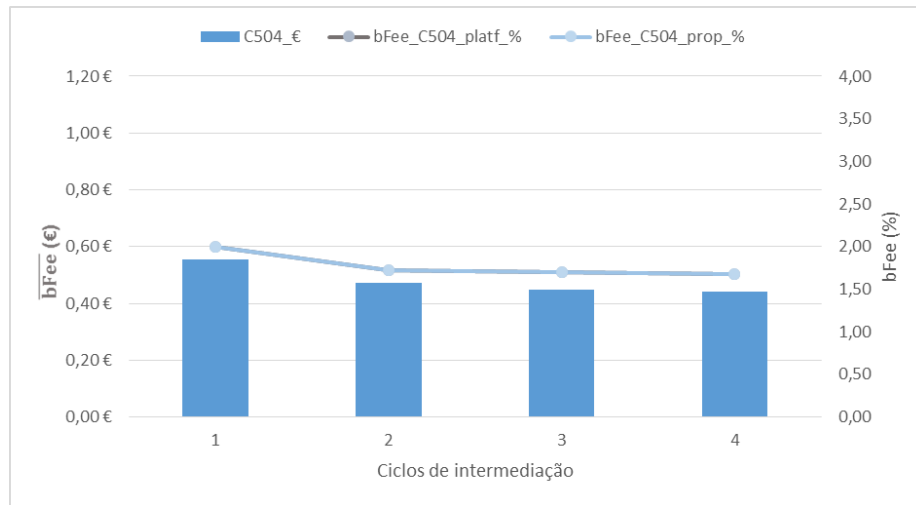


Figura 5.28: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C\_504, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.33: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação do C\_504.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\overline{bFee}$
					C_504 (%)	Platf. (%)	(€)
C_504	80	1	1	1000	2,00	2,00	0,56
		2	6	1000	1,72	1,72	0,45
		3	6	1000	1,70	1,70	0,45
		4	6	1000	1,68	1,68	0,44

No primeiro ciclo de intermediação, o C\_504 envia uma proposta de taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite pela plataforma. Nesta negociação, o C\_504 paga cerca de 0,56 € de taxa por cada recursos requerido, pagando um total de 56 € de taxas de intermediação no final desta negociação.

Nas restantes negociações, o C\_504 envia as suas propostas à plataforma, e esta analisa-as conforme a condição 6 da Tabela 4.2. Nesta condição, a gama de valores da contra-oferta varia entre 1,30 % para um valor acumulado de 3000 recursos e 1,50 % para um acumulado de 1000 recursos.

Assim, no segundo ciclo de intermediação, o C\_504 propõe uma taxa de intermediação de 1,72 % para um valor acumulado de 1000 recursos sendo aceite pelo agente SLA da plataforma. Assim sendo, para um valor acumulado de 1000 recursos a plataforma deveria enviar contra-oferta de 1,50 %. Contudo, como o valor proposto pela empresa consumidora é superior ao valor pretendido pela

plataforma, esta aceita-o, tendo, assim, um lucro superior ao pretendido. Esta mesma situação ocorre para o terceiro e quarto ciclo de intermediação.

Num quinto passo, são analisados os resultados obtidos para o C\_505 que foi definido com uma confiança de 100 %, sendo apresentados na Tabela 5.34 os resultados da taxa de intermediação proposta, a contra-oferta, a taxa de intermediação paga por cada recurso e o número de recursos adquiridos. A Figura 5.29 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

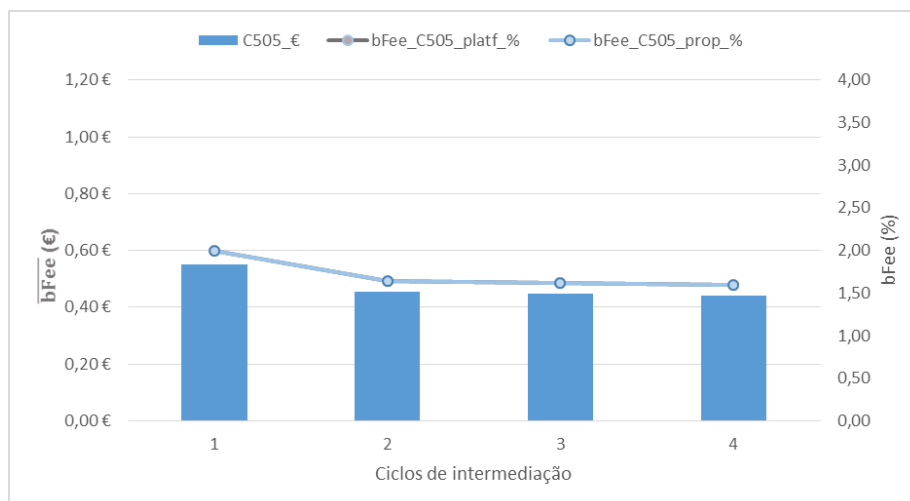


Figura 5.29: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelo C\_505, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.34: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação do C\_505.

Cons	Confiança (%)	Neg.	Cond.	#Recursos	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
					C_505 (%)	Platf. (%)	
C_505	100	1	1	1000	2,00	2,00	0,56
		2	4	1000	1,64	1,64	0,45
		3	4	1000	1,62	1,62	0,45
		4	4	1000	1,59	1,59	0,44

No primeiro ciclo de intermediação, o C\_505 envia uma proposta de taxa de intermediação de 2,00 % que é aceite pela plataforma. Nesta negociação, o C\_505 paga cerca de 0,56 € de taxa por cada recurso requerido, pagando um total de 56 € de taxas de intermediação no final desta negociação.

Nas restantes negociações, o C\_505 envia as suas propostas ao agente SLA da plataforma, e este analisa-as conforme a condição 4 da Tabela 4.2. Nesta condição, a gama de valores da contra-oferta varia entre 1,20 % para um valor acumulado de 3000 recursos e 1,40 % para um acumulado de 1000 recursos.

Tal como sucedeu para o C\_504, o C\_505 a partir do segundo ciclo de intermediação, propõe à plataforma taxas de intermediação superiores à gama de valores pretendida. Como consequência, a plataforma aceita esses valores, obtendo um lucro superior ao teoricamente desejado.

Por fim, na Tabela 5.35 são apresentados os resultados do preço médio dos recursos pagos pelas empresas consumidoras em cada negociação e a Figura 5.30 apresenta o respetivo gráfico. O preço final do recurso, para os consumidores, é a aglutinação do preço base do recurso que se combina com a taxa de intermediação paga pelo provedor e a paga pelo consumidor.

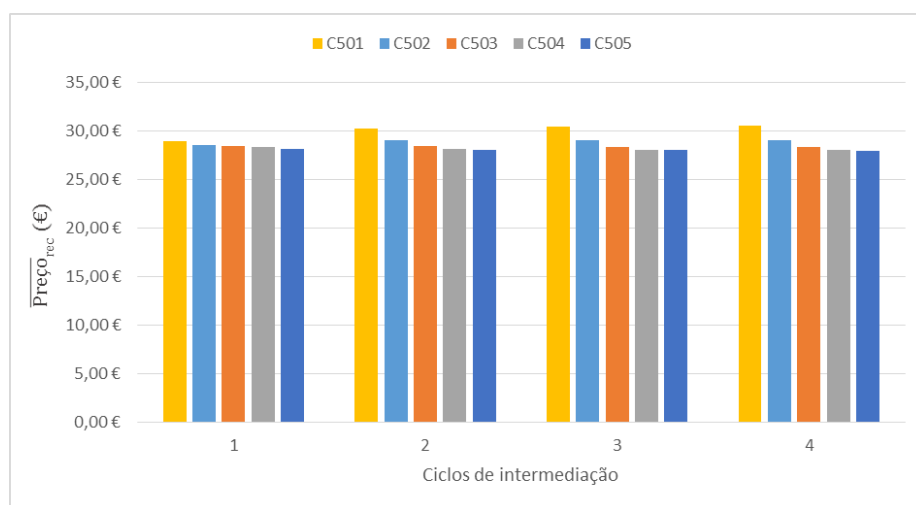


Figura 5.30: Teste Rneg\_CCVE – Preço médio dos recursos para os consumidores.

Tabela 5.35: Teste Rneg\_CCVE – Resultados do preço médio dos recursos para os consumidores.

Negociação	C_501 (20%)	C_502 (40%)	C_503 (60%)	C_504 (80%)	C_505 (100%)
1	29,86 €	28,58 €	28,49 €	28,37 €	28,14 €
2	30,31 €	29,11 €	28,45 €	28,15 €	28,04 €
3	30,52 €	29,10 €	28,38 €	28,10 €	28,03 €
4	30,61 €	29,05 €	28,38 €	28,09 €	28,01 €

Como é possível verificar na Figura 5.30, no primeiro ciclo de intermediação, em que a taxa de intermediação é igual para todas as empresas provedoras, os consumidores com pior confiança pagam um preço médio por recurso mais elevado. Isto ocorre porque a plataforma implementada possui um modelo de confiança entre pares descentralizado a partir das últimas interações diretas entre as partes interessadas.

Por conseguinte, um provedor, quando recebe um convite para negociar com um determinado consumidor, vai verificar as últimas interações. Se esse consumidor falhou no pagamento de alguns recursos, o provedor irá aumentar o preço base do recurso consoante a suas falhas.

No segundo ciclo de intermediação, o C\_501 e C\_502 pagam um preço médio por recurso superior ao da primeira negociação. Isto ocorre, porque a taxa de intermediação desses consumidores sofreu um agravamento por parte da plataforma e os provedores também agravaram o preço base do recurso, enquanto para as restantes empresas consumidoras, o preço médio do recurso vai diminuindo ao longo das negociações. Isto acontece, porque estes consumidores sofreram bonificações na taxa de intermediação por parte da plataforma e os provedores também baixaram o preço base do recurso devido ao bom comportamento destes consumidores.

No próximo sub-tópico, serão analisados os resultados obtidos para os provedores.

#### **5.5.2.2 Provedores**

Neste teste, foram configuradas 100 empresas provedoras de modo a fornecer os seus recursos às empresas consumidoras sem falhas no fornecimento, ou seja, com uma confiança a 100 %

Num primeiro passo, começa-se por analisar as taxas de intermediação que os grupos das empresas provedoras propõem à plataforma e as contra-ofertas destas, estando os resultados apresentados na Tabela 5.36 e a Figura 5.31 apresenta o gráficos dos resultados.

Uma vez que se se está perante um cenário onde existe excesso de oferta, os diferentes grupos de provedores fornecem recursos em diferentes quantidades, logo, terão por parte da plataforma descontos diferentes. Isto ocorre porque a fórmula de cálculo da contra-oferta tem em consideração o número acumulado de recursos negociados.

O GP\_100, em cada ciclo de intermediação, é o possui a taxa de intermediação mais baixa. Quer isto dizer, que foi o que celebrou mais contratos bSLA com as empresas consumidoras com melhor confiança e o que proveu mais recursos. Já o GP\_060 é o que proveu os recursos com uma taxa de intermediação mais elevada.

No próximo tópico são apresentados e analisados os resultados para os provedores com confiança variável num cenário onde existe excesso de oferta.

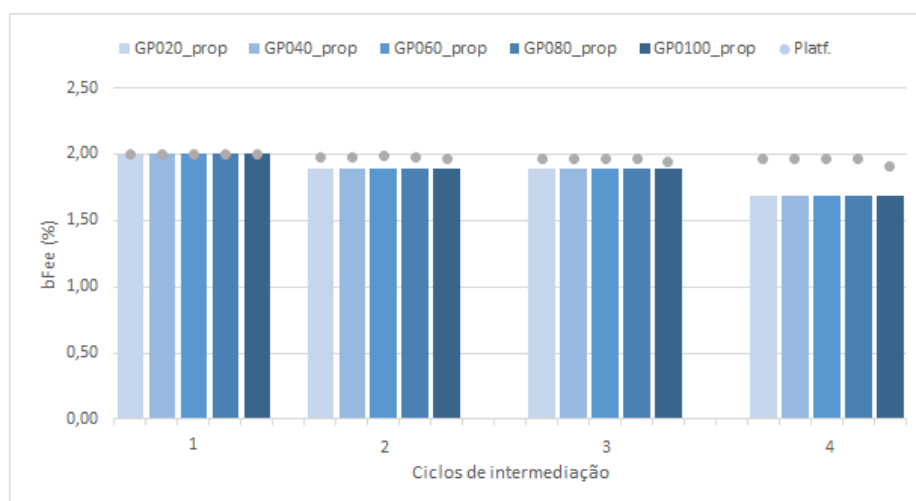


Figura 5.31: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação propostas à plataforma pelos Provedores e contra-ofertas.

## 5.6 Provedores de Confiança Variável – Excesso Oferta

O teste Provedores Com Confiança Variável em Excesso de Oferta (PCVE) envolve 5 empresas consumidoras – C\_501, C\_502, C\_503, C\_504 e C\_505 – e 100 empresas provedoras que foram escalonadas em 5 grupos – GP\_020, GP\_040, GP\_060, GP\_080 e GP\_100. Os consumidores pretendem adquirir 1000 VM cada e cada provedor possui 100 recursos para prover.

Assim sendo, as empresas consumidoras foram definidas para não falharem no pagamento dos recursos, ou seja, têm a confiança a 100%. Já os provedores foram agrupados em grupos, onde os que têm um *ID* entre 1 e 20 têm uma confiança de 20%, entre 21 e 40 têm uma confiança de 40%, entre 41 e 60 têm uma confiança de 60%, entre 61 e 80 têm uma confiança de 80% e entre 81 e 1000 têm uma confiança de 100%. O conjunto das empresas provedoras tem capacidade para atender 10000 pedidos de recursos, pretendendo os 5 consumidores comprar um total de 5000 recursos em cada negociação originando, assim, um cenário de excesso de oferta.

Os valores de configuração de ambas as empresas são apresentados na Tabela 5.37.

### 5.6.1 Sem Renegociação

Esta experiência, que se designa Teste Sneg\_PCVE, envolve 100 empresas provedoras com confiança variável e 5 empresas consumidoras com confiança fixa não existindo renegociação dos contratos bSLA.

Tabela 5.36: Teste Rneg\_CCVE – Taxas de intermediação propostas pelas empresas provedoras e contra-ofertas da plataforma.

Grupo de Provedores	Confiança (%)	Negociação	Prov. (%)	Contra-Oferta (%)
GP_020	100	1	2,00	2,00
		2	1,89	1,98
		3	1,89	1,97
		4	1,69	1,96
GP_040	100	1	2,00	2,00
		2	1,89	1,98
		3	1,89	1,97
		4	1,69	1,96
GP_060	100	1	2,00	2,00
		2	1,89	1,99
		3	1,89	1,97
		4	1,69	1,96
GP_080	100	1	2,00	2,00
		2	1,89	1,98
		3	1,89	1,97
		4	1,69	1,96
GP_100	100	1	2,00	2,00
		2	1,89	1,97
		3	1,89	1,94
		4	1,69	1,91

Tabela 5.37: Teste PCVE – Configurações das empresas consumidores e das provedoras

	ID	Confiança (%)	#VM
Consumidores	C_501	100	1000
	C_502	100	1000
	C_503	100	1000
	C_504	100	1000
	C_505	100	1000
Grupo de Provedores	GP_020	20	100
	GP_040	40	100
	GP_060	60	100
	GP_080	80	100
	GP_100	100	100

### 5.6.1.1 Provedores

Este teste foi realizado com o objetivo de se analisar o comportamento dos grupos de empresas provedoras. Será de se esperar que o valor da taxa de intermediação se mantenha inalterado ao longo dos ciclos de intermediação, visto que não existe renegociação dos contratos bSLA. As empresas provedoras foram divididas em 5 grupos com confiança variável.

De seguida, na Tabela 5.38, é apresentado o preço médio por recurso provido e a respetiva taxa de intermediação. A Figura 5.32 apresenta o gráfico dos

resultados.

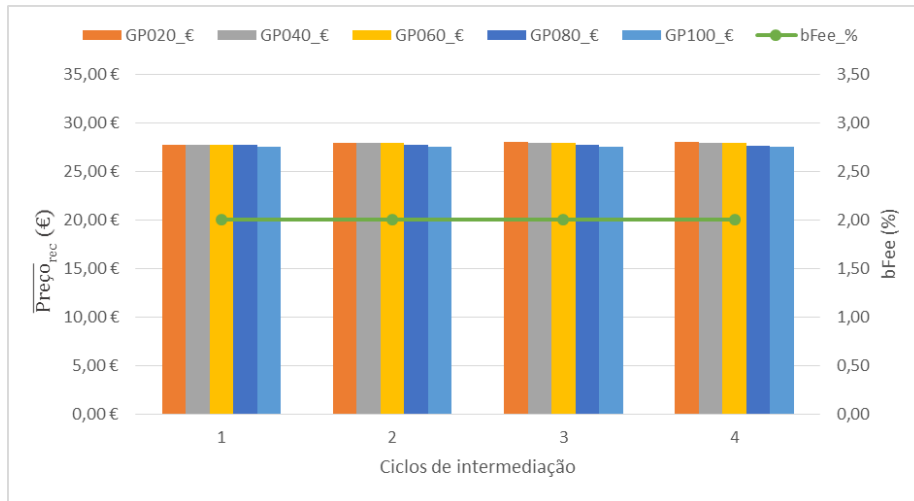


Figura 5.32: Teste Sneg\_PCVE – Preço médio dos recursos providos.

Tabela 5.38: Teste Sneg\_PCVE – Resultados do preço médio dos recursos providos e *bFee*.

Negociação	<i>bFee</i> (%)	GP_020 (20%)	GP_040 (40%)	GP_060 (60%)	GP_080 (80%)	GP_100 (100%)
1	2,00	27,73	27,75	27,73 €	27,73 €	27,59 €
2	2,00	27,94	27,94	27,93 €	27,78 €	27,59 €
3	2,00	28,01	27,95	27,94 €	27,72 €	27,59 €
4	2,00	28,05	27,97	27,95 €	27,66 €	27,59 €

Visto que, o cenário analisado não possui renegociação dos contratos bSLA a taxa de intermediação mantém-se nos 2,00 % independentemente do comportamento das empresas. Contudo, o mesmo não acontece com o preço base dos recursos.

Com efeito, como era de esperar, o GP\_020 é o que fornece os recursos com o preço médio mais elevado ao longo dos ciclos de intermediação, uma vez que falha em 80 % dos recursos providos.

O mesmo não sucede com o grupo de empresas provedoras GP\_100 que fornece os recursos com o preço médio por recurso mais baixo admissível – 27,59 €.

Em suma, a diferença de preços entre as diferentes empresas provedoras, mesmo não existindo renegociação das taxas de intermediação, permite introduzir equidade na plataforma. Neste cenário, onde há excesso de oferta, permitiu que os provedores com pior confiança vendam os seus produtos com um preço

mais elevado quando comparados com provedores com melhor confiança. Logo, os provedores com a confiança mais elevada proveram mais recursos em relação aos provedores menos confiáveis.

No próximo sub-tópico são analisados os resultados obtidos para as empresas consumidoras.

### 5.6.1.2 Consumidores

Para esta experiência, foram definidas 5 empresas consumidoras configuradas de modo a não falharem no pagamento dos recursos adquiridos às empresas provedoras.

Neste teste analisa-se a taxas de intermediação e a preço médio de cada recurso por negociação, estando os resultados apresentados na Tabela 5.39 e a Figura 5.33 apresenta o gráfico dos resultados.

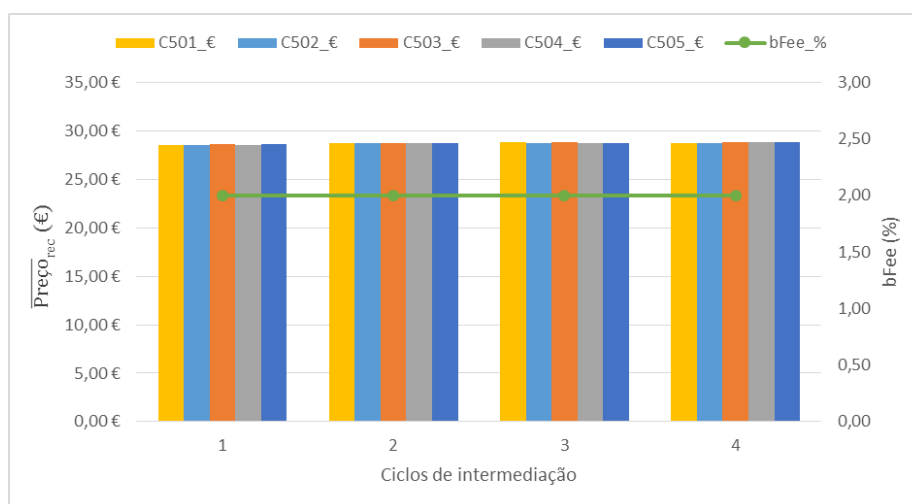


Figura 5.33: Teste Sneg\_PCVE – Preço médio dos recursos Requeridos.

Tabela 5.39: Teste Sneg\_PCVE – Resultados do preço médio dos recursos requeridos e *bFee*.

Negociação	<i>bFee</i> (%)	C_501 (100%)	C_502 (100%)	C_503 (100%)	C_504 (100%)	C_505 (100%)
1	2,00	28,20 €	28,22 €	28,22 €	28,23 €	28,22 €
2	2,00	28,30 €	28,30 €	28,28 €	28,32 €	28,30 €
3	2,00	28,31 €	28,32 €	28,29 €	28,33 €	28,30 €
4	2,00	28,21 €	28,33 €	28,32 €	28,30 €	28,29 €

Como é possível observar, a taxa de intermediação mantém o valor a 2,00 % em todas as negociações, o que significa que não ocorre renegociação dos contratos bSLA, o que era de esperar.

Os valores médios pagos por recurso em cada negociação sofrem pequenas alterações não significativas entre as diversas empresas consumidoras.

Comparando estes valores com os obtidos no Teste Sneg\_PCV é possível verificar que estes consumidores pagaram um preço médio por recurso mais baixo. Isto ocorreu, porque neste cenário existe excesso de oferta onde os consumidores podem adquirir os recursos aos provedores com melhor confiança tendo, assim, um preço mais baixo. Enquanto que as empresas consumidoras do Teste Sneg\_PCV encontram-se num cenário de equilíbrio onde são obrigados a adquirir recursos empresas provedores que não sejam confiáveis, tendo, por consequência, um preço médio por recurso mais elevado.

No próximo tópico serão analisados os resultados para as mesmas configuração com a introdução da renegociação dos contratos bSLA.

### 5.6.2 Com Renegociação

Esta experiência, que se designa Teste Rneg\_PCVE, envolve 100 empresas provedoras com confiança variável e 5 empresas consumidoras com confiança fixa. Neste teste existe renegociação dos contratos bSLA.

#### 5.6.2.1 Provedores

Como abordado anteriormente, foram definidas 100 empresas provedoras, com 100 recursos cada e que são agrupadas em 5 grupos conforme os seus ID.

Inicialmente, são analisados os resultados obtidos para o GP\_020 que foi definido com uma confiança de 20 %, sendo apresentado na Tabela 5.40 os resultados da taxa de intermediação, a contra-oferta da plataforma, taxa de intermediação média e o número de recursos providos. A Figura 5.34 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

Tabela 5.40: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação do GP\_020.

Prov	Confiança (%)	Neg.	<i>bFee</i>		$\overline{bFee}$ (€)
			GP_020 (%)	Platf. (%)	
GP_020	20	1	2,00	2,00	0,56
		2	1,95	2,87	1,04
		3	1,95	2,84	1,05
		4	1,86	2,95	1,05

Analisando os resultados obtidos, teoricamente, a partir do segundo ciclo de intermediação a taxa aplicada pela plataforma a uma determinada empresa

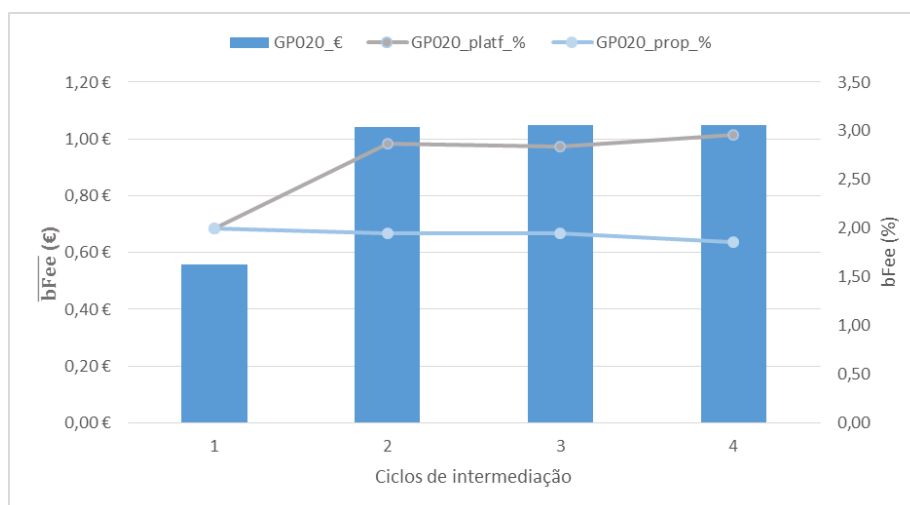


Figura 5.34: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP\_020, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

provedora deveria de ser de 3,5%, porém o mesmo não se sucede. Isto acontece porque as empresas provedoras, no arranque das negociações, são totalmente confiáveis sendo que a sua confiança vai decrescendo ao longo dos ciclos atingindo a confiança definida de 20% quando conseguir vender todos os produtos.

Visto que se está perante os cenário onde existe excesso de oferta, as empresas consumidoras convidam as empresas mais confiáveis para a negociação com recursos correspondentes as suas necessidades. À medida que as negociações vão ocorrendo, este grupo de empresas provedoras deixa de ser confiável e não são convidadas para as negociações seguintes, não vendendo, por consequência todos os recursos disponíveis. Assim, se justifica o facto da taxa aplicada pela plataforma não atingir os 3,5%.

Analisando os recursos vendidos, no primeiro ciclo, dos 2000 recursos disponíveis apenas 702 foram vendidos. No segundo ciclo foram vendidos 276, no terceiro 197 e no quarto apenas 47.

Agora, são analisados os resultados obtidos pelo grupo GP\_040 que foi definido com uma confiança de 40%, sendo apresentado na Tabela 5.41 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo GP\_064, a contra-oferta da plataforma a essa proposta e a taxa de intermediação média paga por cada recurso em €. A Figura 5.35 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que as taxas de intermediação aplicadas pela plataforma sofreram uma rebaixa em relação ao GP\_020. Estes resultados eram os esperados, visto que a confiança configura no GP\_040 é superior. Este grupo de provedores também não conseguiu vender todos os

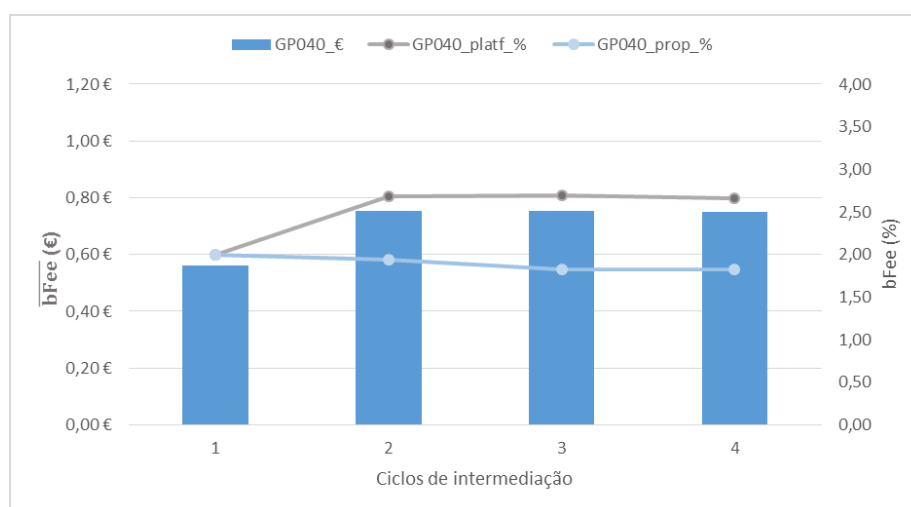


Figura 5.35: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP\_040, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.41: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação do GP\_040.

Prov	Confiança (%)	Neg.	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
			GP_040 (%)	Platf. (%)	
GP_040	40	1	2,00	2,00	0,56
		2	1,94	2,68	0,75
		3	1,83	2,70	0,75
		4	1,83	2,66	0,75

recursos disponíveis.

De seguida, são analisados os resultados obtidos pelo grupo GP\_060 que foi definido com uma confiança de 60 %, sendo apresentado na Tabela 5.42 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo GP\_060, a contra-oferta da plataforma a essa proposta, a taxa de intermediação média paga por cada recurso em € e a condição de cálculo da taxa de intermediação pela plataforma. A Figura 5.36 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

Tabela 5.42: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação do GP\_060.

Prov	Confiança (%)	Neg.	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
			GP_060 (%)	Platf. (%)	
GP_060	40	1	2,00	2,00	0,56
		2	1,93	2,68	0,75
		3	1,81	2,67	0,75
		4	1,81	2,62	0,74

No primeiro ciclo de intermediação, o GP\_060 envia uma proposta de taxa de

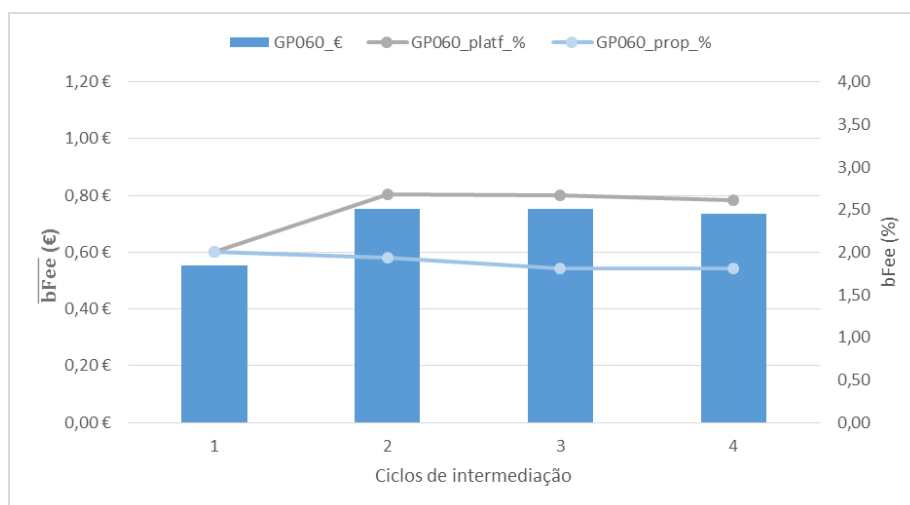


Figura 5.36: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP\_060, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

intermediação de 2,00 % para a plataforma. Como ainda não existem registos de negociações a plataforma aceita o valor proposto.

No segundo ciclo de intermediação, o GP\_060 envia uma proposta de taxa de intermediação de 1,93 % que é rejeitada pela plataforma. A plataforma envia uma nova contra-oferta com uma taxa de 2,68 % que é aceite pelo grupo de provedores.

No terceiro e quarto ciclo de intermediação, o GP\_060 propõe o pagamento de uma taxa de intermediação de 1,81 % a aplicar ao preço do recurso. A taxa proposta é rejeitada pela plataforma em ambas as negociações. Posteriormente, envia uma contra-oferta de 2,67 % e de 2,62 % para a terceira e para o quarto ciclo de intermediação, respetivamente. Estas contra-ofertas são aceites pelo GP\_060.

Posteriormente, são analisados os resultados obtidos para o GP\_080 que foi definido com uma confiança de 80 %, sendo apresentado na Tabela 5.43 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo GP\_80, a contra-oferta da plataforma a essa proposta e a taxa de intermediação média paga por cada recurso em €. A Figura 5.37 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

Tabela 5.43: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação do GP\_080.

Prov	Confiança (%)	Neg.	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
			GP_080 (%)	Platf. (%)	
GP_080	80	1	2,00	2,00	0,55
		2	1,92	1,97	0,54
		3	1,78	1,94	0,54
		4	1,78	1,91	0,53

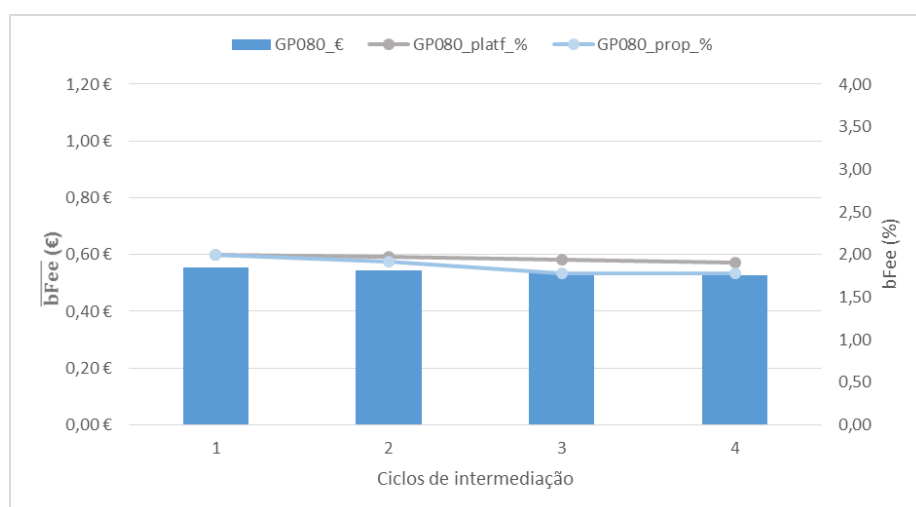


Figura 5.37: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP\_080, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

De todos os grupos definidos de empresas provedoras o GP\_080 é o segundo grupo com melhor confiança. Assim sendo, o GP\_080 consegue colocar todos os recursos disponíveis em cada ciclo, dado que são confiáveis do ponto de vista das empresas consumidoras.

Com efeito, no primeiro ciclo de intermediação, o GP\_080 envia uma proposta de taxa de intermediação de 2,00 % para a plataforma, sendo esta aceite.

No segundo ciclo de intermediação, o GP\_080 envia uma proposta de taxa de intermediação de 1,92 % que é rejeitada pela plataforma. A plataforma envia uma nova contra-oferta com uma taxa de 1,97 % que é calculada de acordo com a condição 9 da Tabela 4.3.

Por fim, no terceiro e quarto ciclo de intermediação, o GP\_080 propõe o pagamento de uma taxa de intermediação de 1,78 % a aplicar ao preço do recurso. A taxa proposta é rejeitada pela plataforma em ambas as negociações. Posteriormente, envia uma contra-oferta de 1,94 % e de 1,91 % para a terceira e para o quarto ciclo de intermediação, respetivamente. Estas contra-ofertas são aceites pelos provedores.

Para terminar a análise aos grupos de empresas provedoras são apresentados os resultados obtidos pelo o GP\_100 que foi definido com uma confiança de 100 %, sendo apresentado na Tabela 5.44 os resultados da taxa de intermediação proposta pelo GP\_100, a contra-oferta da plataforma a essa proposta e a taxa de intermediação média paga por cada recurso em €. A Figura 5.38 apresenta o respetivo gráfico dos resultados.

Neste grupo de provedores, as taxas de intermediação propostas pela plata-

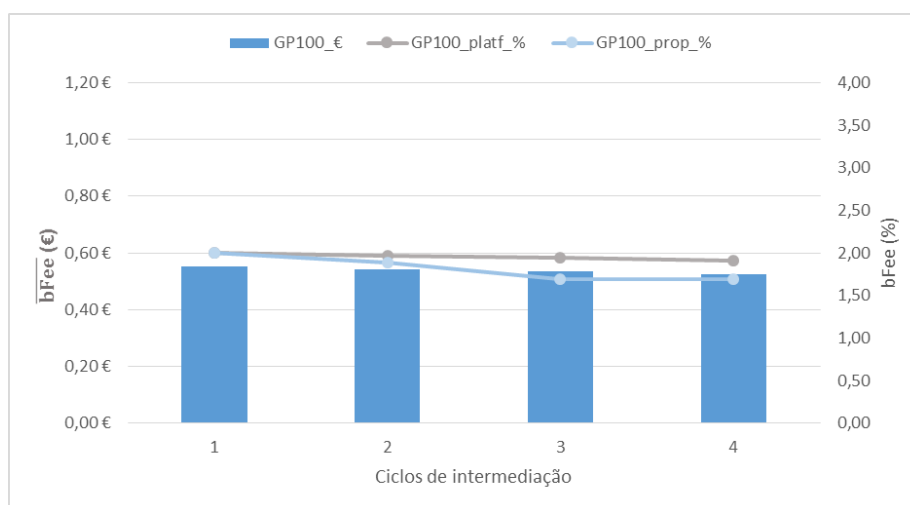


Figura 5.38: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelo GP\_100, contra-ofertas da plataforma e  $\overline{bFee}$ .

Tabela 5.44: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação do GP\_100.

Prov	Confiança (%)	Neg.	$bFee$		$\overline{bFee}$ (€)
			GP_100 (%)	Platf. (%)	
GP_100	100	1	2,00	2,00	0,55
		2	1,89	1,97	0,54
		3	1,69	1,94	0,53
		4	1,69	1,91	0,53

forma foram análogas às do grupo GP\_080. Esta acontece porque a condição 12, para o GP\_080, e a condição 3, para o GP\_100, da Tabela 4.3 são iguais.

O processo de negociação deste grupo de empresas provedoras é semelhante ao do GP\_080.

Por fim, analisa-se o preço médio dos recursos fornecidos pelos diversos grupos de empresas provedoras. O preço médio por recurso é resultado da aglutinação entre a taxa de intermediação que o provedor paga à plataforma e o preço base do recurso. Na Tabela 5.45 são apresentados os resultados dos preços médios por recurso e a Figura 5.39 apresenta o gráfico dos resultados.

Como seria de esperar os grupos de empresas provedoras com pior confiança são as que praticam um preço médio por recursos mais alto. Isto é derivado ao modelo de confiança entre pares descentralizado a partir das últimas interações diretas entre as partes interessadas, implementado. Este modelo permite calcular o valor base do recurso. Este calculo leva em consideração a confiança da empresa consumidora parceira e a auto-confiança. As empresas provedoras com baixos

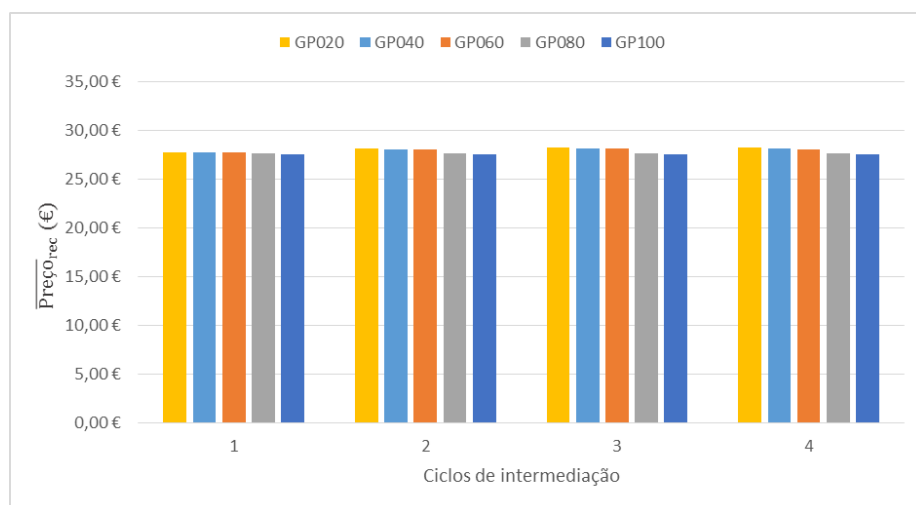


Figura 5.39: Teste Rneg\_PCVE – Preço médio dos recursos dos provedores.

Tabela 5.45: Teste Rneg\_PCVE – Resultados do preço médio dos recursos dos provedores.

Negociação	GP_020 (20%)	GP_040 (40%)	GP_060 (60%)	GP_080 (80%)	GP_100 (100%)
1	27,74 €	27,73 €	27,73 €	27,70 €	27,59 €
2	28,17 €	28,09 €	28,09 €	27,66 €	27,58 €
3	28,22 €	28,17 €	28,13 €	27,64 €	27,57 €
4	28,28 €	28,20 €	28,11 €	27,63 €	27,57 €

níveis de auto-confiança vendem os recursos com um preço mais elevado quando comparado com os demais.

No próximo sub-tópico, serão analisados os resultados obtidos para os consumidores.

### 5.6.2.2 Consumidores

Neste teste, foram configuradas 5 empresas provedoras que cumprem com os seus compromissos no pagamento dos recursos, ou seja, configurados com uma confiança de 100%.

Assim sendo, começa-se por analisar as taxas de intermediação que as empresas consumidores propõem pagar à plataforma.

Com efeito, na Tabela 5.46 são apresentados os resultados das taxas de intermediação propostas à plataforma e as contra-ofertas. A Figura 5.40 apresenta o gráfico dos resultados.

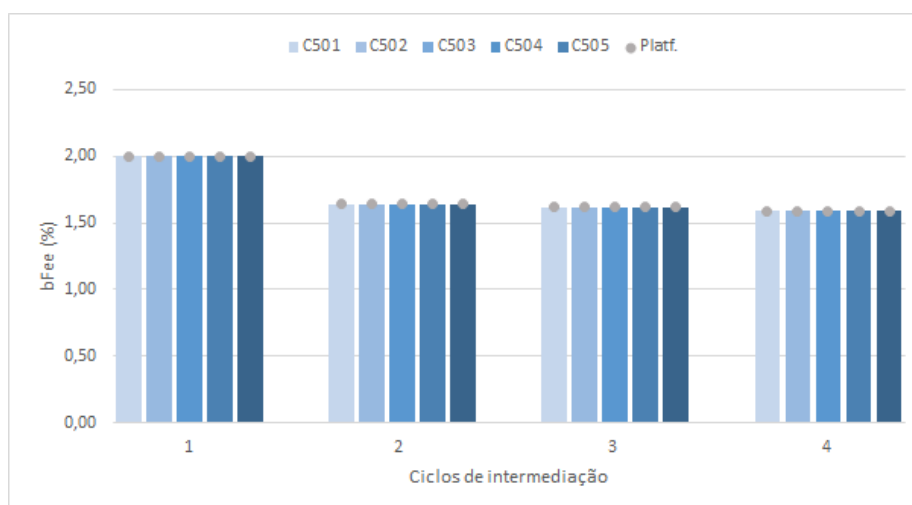


Figura 5.40: Teste Rneg\_PCVE – Taxas de intermediação propostas pelos consumidores.

Tabela 5.46: Teste Rneg\_PCVE – Resultados das Taxas de intermediação propostas pelos consumidores.

Consumidores	Confiança (%)	Negociação	Prov. (%)	Contra-Oferta (%)
C_501	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59
C_502	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59
C_503	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59
C_504	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59
C_505	100	1	2,00	2,00
		2	1,64	1,64
		3	1,62	1,62
		4	1,59	1,59

Na Figura 5.40 apenas são apresentados as taxas de intermediação propostas à plataforma pelas empresas consumidores. Estas propostas são aceites pela plataforma.

Assim sendo, todas as empresas provedoras no primeiro ciclo de intermediação propõem uma taxa de intermediação de 2,00 % ao qual é aceite pela plataforma.

Para as restantes negociações, a plataforma analisa as propostas das empresas consumidoras através da condição 4 da Tabela 4.2. Nesta condição o valor pretendido pela plataforma de taxa de intermediação varia entre 1,40 % para 1000 recursos e 1,20 % para 3000 recursos. Porém, as empresas consumidoras propuseram valores superiores à gama pretendida pela plataforma. A plataforma ao receber estes valores verifica que eles são superiores aos seus cálculos e aceita-os de imediato, obtendo um lucro superior ao desejado.

No próximo tópico é apresentado e analisados os resultados obtidos para os consumidores e provedores configurados com confiança variável num cenário de excesso de recursos.

## 5.7 Consumidores e Provedores de Confiança Variável – Excesso Oferta

A experiência com os consumidores e provedores com confiança variável em excesso de oferta (CPCVE) foi realizada através da introdução de 50 empresas consumidoras e 100 empresas provedoras. As empresas consumidoras foram agrupadas consoante as suas confiabilidades, sendo que cada grupo pretende adquirir 5000 recursos em cada ciclo de intermediação e as empresas provedoras têm capacidade para prover um total de 10000 recursos em cada ciclo.

Para este teste, o GC\_501 e o GP\_020 foram configurados com uma confiança de 20 %, o GC\_502 e o GP\_040 com uma confiança de 40 %, o GC\_503 e o GP\_060 com uma confiança de 60 %, o GC\_504 e o GP\_080 com uma confiança de 80 %, o GC\_505 e o GP\_100 com uma confiança de 100 %. Os valores das configurações são apresentados na Tabela 5.47

Tabela 5.47: Teste CPCV – Configurações das empresas consumidores e das provedores

	ID	Confiança (%)	#VM
<b>Grupo Consumidores</b>	GC_020	20	1000
	GC_040	40	1000
	GC_060	60	1000
	GC_080	80	1000
	GC_100	100	1000
<b>Grupos de Provedores</b>	GP_020	20	100
	GP_040	40	100
	GP_060	60	100
	GP_080	80	100
	GP_100	100	100

As experiências foram realizadas em dois modos. Primeiramente foi realizado no modo sem renegociação dos contratos bSLA e, posteriormente, com renegociação.

### 5.7.1 Sem Renegociação

Este teste, que se designa Teste Sneg\_CPCVE, foram definidos 5 empresas consumidoras e 100 empresas provedoras onde não existe renegociação dos contratos bSLA. Ambas as empresas foram configuradas com confianças variáveis.

#### 5.7.1.1 Consumidores

Para este teste foram definidas 5 empresas consumidoras que pretendem adquirir 1000 recursos em cada ciclo de intermediação sendo configurados com diferentes confianças.

Com efeito, na Tabela 5.48 são apresentados os resultados do preço médio dos recursos pagos pelos consumidores em cada ciclo de intermediação e a Figura 5.41 apresenta-se o respetivo gráfico dos resultados. O preço final dos recursos, para uma empresa consumidora, é o resultado da aglutinação do preço base do recurso, da taxa de intermediação do provedor e da taxa de intermediação do consumidor.

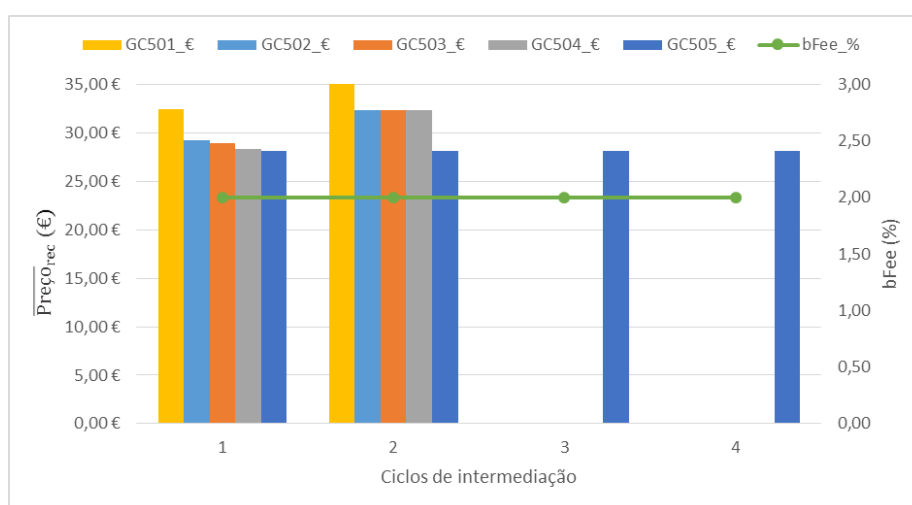


Figura 5.41: Teste Sneg\_CPCVE – Preço Médio dos recursos.

Visto que, o cenário analisado não possui renegociação dos contratos bSLA a taxa de intermediação mantém-se nos 2,00% independentemente do comportamento das empresas. Contudo, o mesmo não sucede com o preço base dos recursos.

Tabela 5.48: Teste Sneg\_CPCVE – Resultados do preço médio dos recursos.

Negociação	GC_020 (20%)	GC_040 (40%)	GC_060 (60%)	GC_080 (80%)	GC_100 (100%)
1	32,44 €	29,27 €	28,96 €	28,33 €	28,14 €
2	36,05 €	32,38 €	32,38 €	32,38 €	28,14 €
3	—	—	—	—	28,14 €
4	—	—	—	—	28,14 €

Como é possível verificar, o GC\_100 consegue comprar os seus recursos com o menor preço possível, uma vez que possuiu uma confiança de 100% e compra todos os seus recursos ao GP\_100 que também possuiu uma confiança de 100%. Estes consumidor consegue adquirir os 4000 recursos desejados.

Contudo, os restantes consumidores apenas conseguem comprar recursos nos dois primeiros ciclos de intermediação e não nas quantidades desejadas. Isto é resultado do sistema implementado que gera as falhas de uma forma aleatória. Assim, no primeiro ciclo de intermediação estes consumidores tiveram falhas de pagamento consecutivas o que lhes proporcionaram uma confiança inferior a 20%. Como se está num cenário onde existe excesso de oferta, estes consumidores enviam convites para negociar as empresas provedoras com melhores confianças. Porém, como do ponto de vista destas empresas os consumidores não são confiáveis os convites são rejeitados, não comprando, por consequência qualquer recurso.

Na próximo sub-tópicos são analisados os resultados obtidos para as empresas provedoras.

### 5.7.1.2 Provedores

Este teste foi realizado com o objetivo de se analisar o comportamento dos grupos de empresas provedoras. Será de se esperar que o valor da taxa de intermediação se mantenha inalterado ao longo dos ciclos de intermediação, visto que não existe renegociação dos termos dos contratos bSLA. As empresas provedoras foram divididas em 5 grupos com confiança variáveis.

De seguida, na Tabela 5.49, é apresentado o preço médio por recurso provido e a respetiva taxa de intermediação. A Figura 5.42 apresenta o gráfico dos resultados.

Visto que, o cenário analisado não possui renegociação dos contratos bSLA a taxa de intermediação mantém nos 2,00% independentemente do comportamento das empresas. Contudo, o mesmo não acontece com o preço base dos recursos.

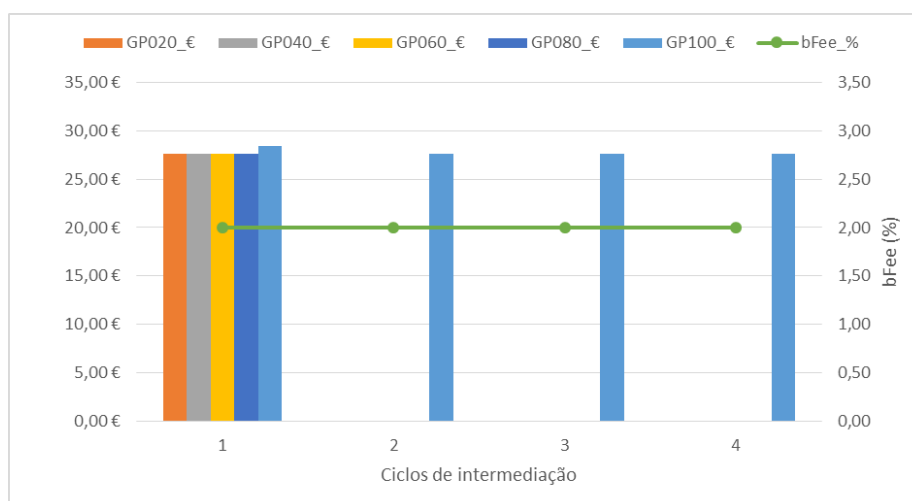


Figura 5.42: Teste Sneg\_CPCVE – Preço médio dos recursos providos.

Tabela 5.49: Teste Sneg\_CPCVE – Resultados do preço médio dos recursos providos e *bFee*.

Negociação	<i>bFee</i> (%)	GP_020 (20%)	GP_040 (40%)	GP_060 (60%)	GP_080 (80%)	GP_100 (100%)
1	2,00	27,59 €	27,59 €	27,59 €	27,59 €	28,38 €
2	2,00	—	—	—	—	27,60 €
3	2,00	—	—	—	—	27,59 €
4	2,00	—	—	—	—	27,59 €

Com efeito, o grupo de provedores GP\_020, GP\_040, GP\_060 e GP\_080 provem os seus recursos com o preço mais baixo admissível. Contudo, não vendem grandes quantidades de recursos, uma vez que quando começam a falhar no provimento deixam de ser convidados para negociar. Assim, o GP\_020 proveu 100 recursos, o GP\_040 proveu 123, o GP\_060 146 e o GP\_080 cerca de 190.

O mesmo não sucede com o grupo de empresas provedoras GP\_100. O GP\_100 foi configurado com uma confiança de 100% logo não falha no fornecimento de qualquer recurso, sendo, o grupo que fornece os recursos com o preço mais baixo e sem falhas. No primeiro e segundo ciclo não vendem os seus produtos ao preço médio mais baixo admissível uma vez que forneceram recursos as empresas consumidoras C\_501, C\_502, C\_503 e C\_504. A partir do terceiro ciclo, os recursos são providos ao preço médio mais baixo admissível dado que apenas o C\_505 adquire recursos.

No próximo sub-tópico são analisados os resultados obtidos com a introdução de renegociação dos contratos.

## 5.7.2 Com Renegociação

Este teste, que se designa Teste Rneg\_CPCVE, foram definidos 50 empresas consumidoras e 100 empresas provedoras onde existe renegociação dos contratos bSLA. Ambas as empresas foram configuradas com confianças variáveis.

### 5.7.2.1 Consumidores

Os testes às empresas consumidoras foram definidos de forma a avaliar-se qual as bonificações e/ou penalizações que essas empresas poderão ter conforme o seus comportamentos durante as quatro negociações do contrato bSLA.

Este teste, que se designa Teste Rneg\_CPCV, envolve 50 empresas consumidoras agrupadas conforme as suas confiabilidades.

Num primeiro passo, são analisados os resultados para o grupo de empresas consumidores GC\_020, GC\_040, GC\_060, GC\_080 e GC\_100, sendo apresentado na Tabela 5.50 os resultados da taxa de intermediação proposta por estas empresas, as contra-ofertas da plataforma a essas propostas, a taxa de intermediação média paga por cada recurso em € e o número de recursos comprados em cada ciclo. A Figura 5.43 apresenta o gráfico das taxas de intermediação propostas e contra-propostas para os grupos de empresas consumidoras.

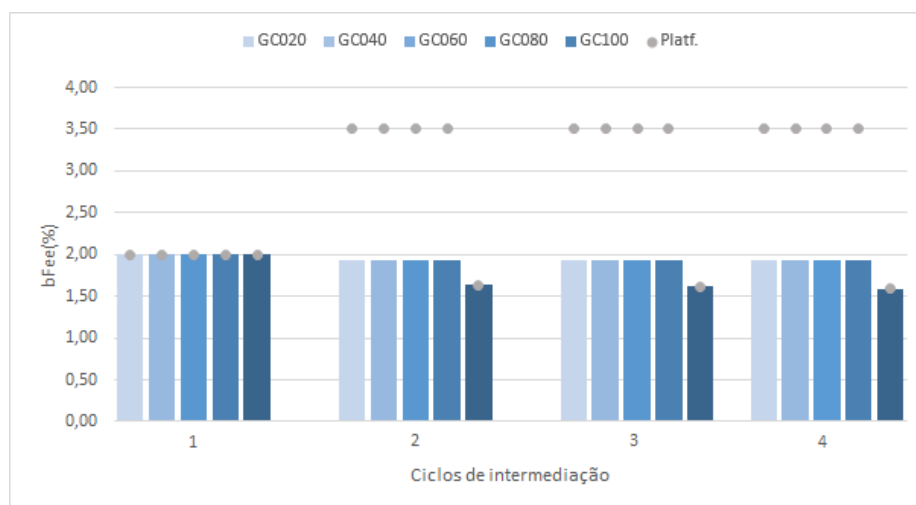


Figura 5.43: Teste Rneg\_CPCVE – Taxa de intermediação proposta e contra-proposta para os consumidores.

Como é possível verificar nos gráficos anteriores, apenas o GC\_100 consegue comprar recursos em todos os ciclos de intermediação, sendo que os restantes apenas conseguem comprar recursos nos dois primeiros ciclos.

Assim sendo, no primeiro ciclo de intermediação, o GC\_100 propõe à plataforma uma taxa de intermediação de 2,00% que é aceite. Como este consumidor

Tabela 5.50: Teste Rneg\_CPCVE –  $bFee$  do C\_501 a C\_505.

Cons	Confiança (%)	Neg.	#Recursos	$bFee$	
				Cons. (%)	Platf. (%)
GC_020	20	1	136	2,00	2,00
		2	86	1,93	3,50
		3	0	1,93	3,50
		4	0	1,93	3,50
GC_040	40	1	137	2,00	2,00
		2	86	1,93	3,50
		3	0	1,93	3,50
		4	0	1,93	3,50
GC_060	60	1	148	2,00	2,00
		2	115	1,93	3,50
		3	0	1,93	3,50
		4	0	1,93	3,50
GC_080	80	1	149	2,00	2,00
		2	77	1,93	3,50
		3	0	1,93	3,50
		4	0	1,93	3,50
GC_100	100	1	1000	2,00	2,00
		2	1000	1,64	1,64
		3	1000	1,62	1,62
		4	1000	1,59	1,59

não falha na pagamento dos recursos vê, assim, a sua taxa de intermediação reduzir ao longo dos ciclos, sendo no segundo de 1,64%, no terceiro de 1,62% e no quarto de 1,59%. O mesmo se sucede com o GC\_080, porém, este paga taxas de intermediação mais elevadas em cada ciclo, uma vez que também tem pior confiança. Contudo, este não consegue adquirir os recursos desejados a partir do segundo ciclo. Este falha nas compras ocorre porque esta empresa deixa de ser confiável e as empresas provedoras rejeitam os convites para negociar.

O mesmo não se sucede para o GC\_020, GC\_040, GC\_060 e GC\_080. Para estes consumidores, do primeiro para o segundo ciclo, a taxa de intermediação é agravada dos 2,00% para os 3,50%. Isto ocorreu, porque foi implementado um sistema que gera as falhas de uma forma aleatória. Assim, no primeiro ciclo estes consumidores tiveram varias falhas de pagamento consecutivas o que lhes proporcionaram uma confiança inferior a 20%. Teoricamente, até ao final dos quatro ciclos de intermediação a confiança deveria aumentar em direção aos valores de configuração. Porém, como estes consumidores deixaram de ser confiáveis as empresas provedoras rejeitaram o convite para negociar, sendo que, em cada ciclo de negociação, cada consumidor está configurado para enviar 30 convites.

Fazendo uma analogia com os resultados obtidos para o teste CPCV, pode-se concluir que os consumidores no teste CPCVE conseguiram comprar menos recursos mesmo estando-se perante um cenário onde existe excesso de oferta quando comparado com o teste CPCV. Esta ocorrência deve-se ao facto de existirem um

grande número de empresas provedoras com uma confiança elevada com recursos disponíveis para vender. Assim, os consumidores convidam sempre as empresas para negociar, sendo que estas rejeitam os convites para negociar. As empresas consumidoras enviam os 30 convites durante um ciclo, sendo todos rejeitados. Enquanto que, no teste CPCV, esta-se perante um cenário de equilíbrio de recursos onde as empresas provedoras com melhor confiança vendem os recursos aos consumidores com melhor confiança. As empresas consumidoras com pior confiança apenas apenas têm recursos disponíveis para comprar nas empresas provedoras com pior confiança havendo, assim, uma maior probabilidade de estas aceitarem os convites para negociar.

### 5.7.2.2 Provedores

Como abordado anteriormente, foram definidas 100 empresas provedoras, com 100 recursos cada. Estas empresas estão agrupadas em 5 grupos conforme os seus ID.

Com efeito, na Tabela 5.51 são apresentados os resultados das taxas de intermediação propostas à plataforma e as respetivas contra-ofertas. A Figura 5.44 apresenta o gráficos dos respetivos resultados.

Tabela 5.51: Teste Rneg\_CPCVE – Taxas de intermediação propostas pelas empresas provedoras e contra-ofertas da plataforma.

Grupo de Provedores	Confiança (%)	Negociação	Prov. (%)	Contra-Oferta (%)
GP_020	20	1	2,00	2,00
		2	—	—
		3	—	—
		4	—	—
GP_040	40	1	2,00	2,00
		2	—	—
		3	—	—
		4	—	—
GP_060	60	1	2,00	2,00
		2	—	—
		3	—	—
		4	—	—
GP_080	80	1	2,00	2,00
		2	—	—
		3	—	—
		4	—	—
GP_100	100	1	2,00	2,00
		2	1,89	1,99
		3	1,89	1,97
		4	1,69	1,96

Como é possível verificar, o GP\_100 é o único grupo que consegue transacionar recursos a partir do segundo ciclo de intermediação. Também é possível concluir-

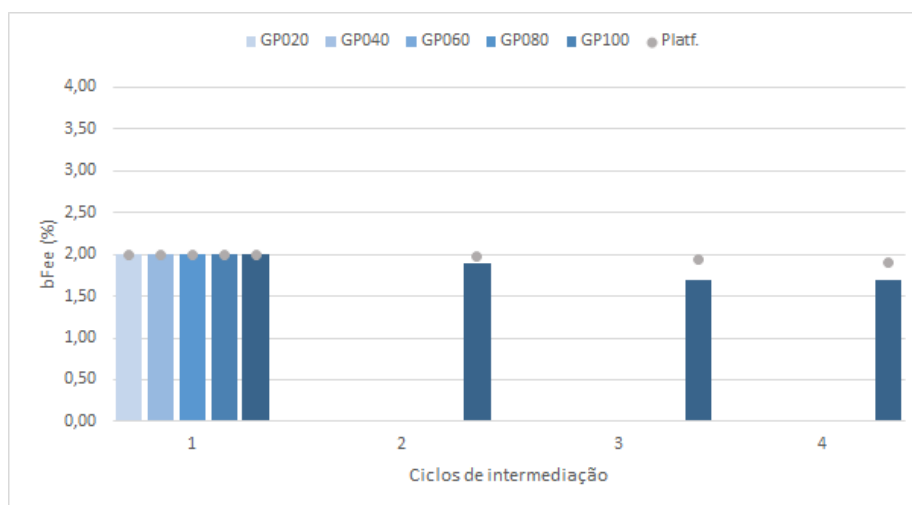


Figura 5.44: Teste Rneg\_CPCVE – Taxas de intermediação propostas à plataforma pelos Provedores e contra-ofertas.

se que as taxas de intermediação para este grupo de provedores são ligeiramente mais elevadas do que as obtidas na experiência CPCV. Este resultado era o esperado, uma vez que, existem mais empresas provedoras para transacionar menos recursos. Logo, a taxa de intermediação terá de ser mais elevada.

Visto que os resultados obtidos nesta experiência foram dispares dos resultados nas experiências anteriores, foi realizado um teste complementar para verificar o correto funcionamento do algoritmo de renegociação. Assim, foram introduzidos 50 provedores com 1000 recursos cada e 50 consumidores que pretendem adquirir 1000 recursos cada ao longo de cinco ciclos. Neste teste, quando uma empresa compra / vende todos os recursos pretendidos / disponíveis deixa de negociar. Assim, na Tabela 5.52 são apresentados os resultados obtidos para os grupos de consumidores e na Figura 5.45 é apresentado o gráfico dos resultados.

Como é possível observar, todos os grupos de consumidores conseguiram adquirir a totalidade dos recursos pretendidos ao longo dos cinco ciclos, à exceção do GC\_020 que só adquiriu 661. Os grupos de consumidores só conseguem adquirir a totalidade dos recursos quando o grupo de consumidores do escalão superior de confiabilidade satisfaz as suas necessidade, e.g., o GC\_080 só consegue adquirir a totalidade dos recursos quando GC\_100 está satisfeito. Em relação ao preço médio dos recursos é possível verificar que quanto melhor for a confiabilidade do grupo de empresas menor é o preço médio dos recursos.

Na Tabela 5.53 são apresentados os resultados obtidos para os grupos de provedores e na Figura 5.46 é apresentado o respetivo gráfico.

Tabela 5.52: Teste Complementar Consumidores - CPCVE.

Grup. Cons.	Confiança (%)	Neg.	#Recursos	$\overline{Pr\_rec}$ (€)
GC_020	20	1	198	29,42
		2	194	33,86
		3	88	35,29
		4	124	36,03
		5	57	36,33
GC_040	40	1	212	29,57
		2	181	33,91
		3	92	35,23
		4	436	30,15
		5	79	28,44
GC_060	60	1	204	29,49
		2	256	32,46
		3	540	27,96
		4	0	—
		4	0	—
GC_080	80	1	684	28,21
		2	316	27,77
		3	0	—
		4	0	—
		4	0	—
GC_100	100	1	1000	27,59
		2	0	—
		3	0	—
		4	0	—
		5	0	—

Tabela 5.53: Teste Complementar Provedores - CPCVE.

Grup. Prov.	Confiança (%)	Neg.	#Recursos	$\overline{Preo\_rec}$ (€)
GP_020	20	1	207	29,51
		2	188	33,91
		3	88	35,33
		4	123	36,04
		5	53	36,41
GP_040	40	1	206	29,51
		2	188	33,91
		3	88	35,33
		4	435	30,13
		5	83	28,76
GP_060	60	1	205	29,49
		2	251	32,44
		3	544	27,98
		4	0	—
		4	0	—
GP_080	80	1	680	28,19
		2	320	27,80
		3	0	—
		4	0	—
		4	0	—
GP_100	100	1	1000	27,59
		2	0	—
		3	0	—
		4	0	—
		5	0	—

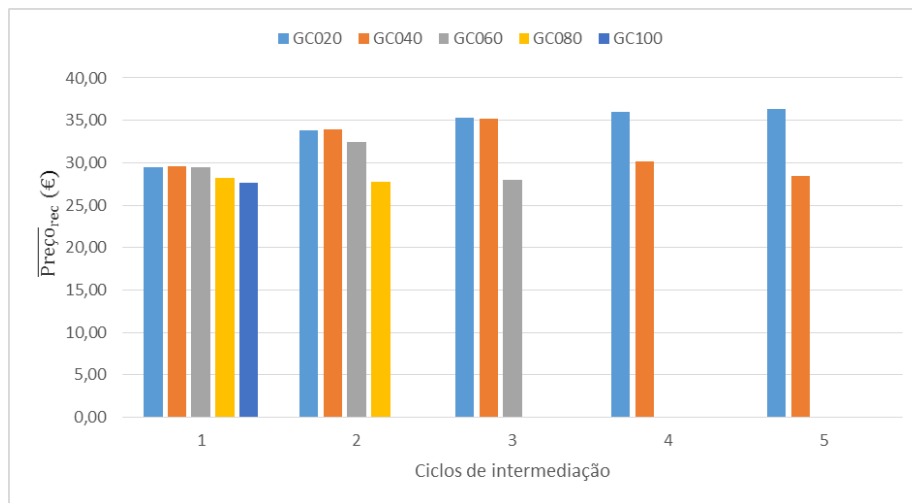


Figura 5.45: Teste Complementar Consumidores - CPCVE

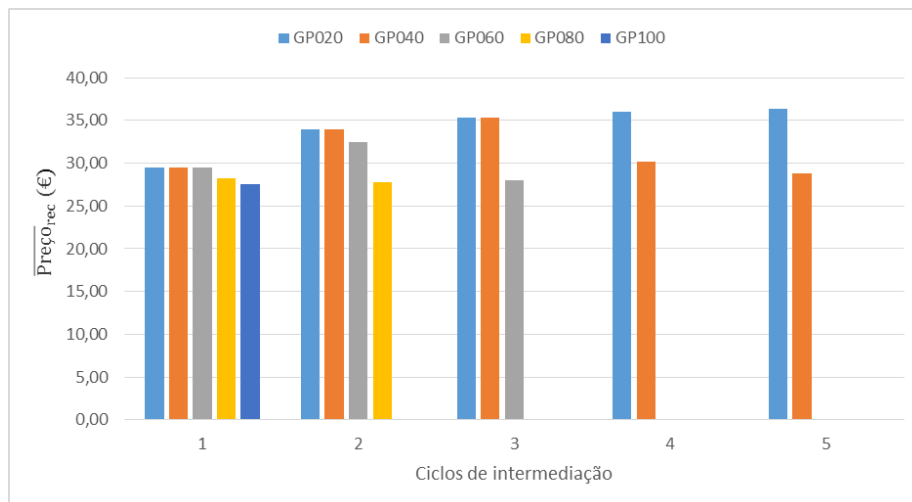


Figura 5.46: Teste Complementar Provedores - CPCVE

Como era os esperar, os resultados obtidos para os diversos grupos de provedores são análogos aos obtidos para os grupos de consumidores.

No próximo tópico é apresentada as principais conclusões sobre este capítulo.

### 5.7.3 Conclusão

Neste capítulo foram descritos seis cenários, três dos quais em equilíbrio entre oferta e procura e os restantes em excesso de oferta. Os testes realizados foram os seguintes: (i) Consumidores de Confiança Variável; (ii) Provedores de Confiança Variável; e (iii) Consumidores e Provedores de Confiança Variável.

Todos os testes foram realizados em dois modos: sem renegociação e com renegociação dos contratos bSLA. Nos cenários sem renegociação dos bSLA os bSLA são automaticamente renovados com a mesma taxa de intermediação (2,00%) ao longo da experiência, sendo apenas negociado o custo dos recursos transacionados de acordo com a Equação 4.1. As empresas menos confiáveis pagaram um preço médio por recurso mais elevado permitindo, assim, introduzir alguma equidade à plataforma.

Nos cenários onde existe renegociação dos bSLA, o valor da taxa de intermediação varia em função do nível de confiança das empresas e do volume de recursos transacionado. A plataforma, em termos da taxa de intermediação renegociada, penaliza as empresas menos confiáveis e/ou com menor número de transações e bonifica as mais confiáveis e/ou com maior número de transações. Em termos do preço médio por recurso transacionado, as empresas menos confiáveis pagaram um preço médio por recurso superior face ao das empresas mais confiáveis. Neste cenário, face ao cenário sem renegociação dos bSLA, o custo médio do recurso é superior para as empresas menos confiáveis e inferior para as empresas de confiança dado que o custo médio do recurso engloba o valor correspondente à taxa de intermediação.

Os resultados obtidos confirmam as expectativas iniciais. A renegociação dos contratos de intermediação entre as empresas e a plataforma premeia as empresas que cumprem e penaliza as que violam os contratos rSLA celebrados. O prémio consiste na redução da taxa de intermediação renegociada e, conseqüentemente, no preço médio dos recursos transacionados assim como no desconto do preço médio do recurso em função do volume de recursos transacionados pela empresa. As experiências realizadas permitiram verificar que preço médio dos recursos transacionados entre empresas de confiança é inferior quando existe excesso de oferta face ao equilíbrio entre oferta e procura. O último conjunto de experiências, que envolveu conjuntos de consumidores e fornecedores de confiança variável num mercado com excesso oferta, permitiu verificar que, quando coexistem empresas com diferentes níveis de confiança, a plataforma privilegia sempre as transações entre as empresas mais confiáveis em detrimento das menos confiáveis.

No capítulo seguinte apresenta-se o balanço do projeto realizado e surgem-se eventuais desenvolvimentos futuros.

## Capítulo 6

---

# Conclusões

---

*Neste capítulo é apresentado o balanço do trabalho desenvolvido e os possíveis desenvolvimentos futuros.*

### 6.1 Balanço

A presente dissertação descreve a realização de um mecanismo de renegociação de contratos de intermediação para a plataforma CloudAnchor.

Primeiramente, estudaram-se os conceitos associados com: (i) computação em nuvem, nomeadamente, características, modelos de implementação, modelos de serviço, as arquiteturas e virtualização; e (ii) comércio eletrónico, em particular, os tipos de comércio eletrónico, os sistemas multiagente pioneiros de negociação automática e, por último, alguns sistemas congéneres de negociação e renegociação de SLA.

No âmbito da plataforma concebeu-se e implementou-se na camada de SLA um conjunto de funcionalidades que permite às empresas provedoras ou consumidoras renegociar, após o término, os seus contratos de intermediação automática (bSLA), sendo acordada uma nova taxa de intermediação em função do comportamento da empresa na plataforma. Aquando da renegociação dos contratos bSLA, as empresas propõem uma nova taxa de intermediação à plataforma. Essa taxa de intermediação é calculada de acordo com a duração do contrato, número acumulado de recursos transacionados, o sucesso e a confiança da empresa na plataforma. A plataforma avalia a proposta em função da confiança e do número de recursos transacionados com a empresa. A plataforma aceita a proposta da empresa caso ela esteja no intervalo calculado pela plataforma, caso contrário, a plataforma efetua uma contra-oferta que a empresa pode aceitar ou rejeitar, encerrando o processo da renegociação.

Os resultados dos testes realizados demonstram que esta nova funcionalidade da plataforma CloudAnchor – a renegociação automática dos bSLA – privilegia, em primeiro lugar, as empresas mais confiáveis e, entre estas, as que transacionaram mais recursos, em detrimento das menos confiáveis, assegurando às primeiras a compra ou venda de recursos do tipo IaaS aos melhores preços. Este mecanismo, ao promover o cumprimento dos contratos estabelecidos entre empresas, aumenta a satisfação das empresas cumpridoras e leva as empresas incumpridoras a cancelar o respetivo registo na plataforma.

## 6.2 Desenvolvimento Futuros

A renegociação dos contratos de intermediação pode passar a abranger todos os parâmetros dos bSLA e não apenas a taxa de intermediação. Por outro lado, as fórmulas de cálculo da taxa de intermediação que as empresas propõem à plataforma podem ser refinadas através da introdução de novas condições.

O mecanismo de renegociação de contratos pode ser adaptado para permitir a renegociação dos contratos de intermediação em tempo de execução e não apenas no término do contrato, permitindo adicionalmente a sua aplicação à renegociação dos contratos das coligações de provedores (cSLA).

---

# Bibliografia

---

- [1] B. Veloso, F. Meireles, B. Malheiro, and J. C. Burguillo, “Federated iaas resource brokerage,” [citado na p. 1]
- [2] B. Furht and A. Escalante, *Handbook of cloud computing*, vol. 3. Springer, 2010. [citado na p. 5]
- [3] C. Taurion, *Cloud Computing-Computação em Nuvem*. Brasport, 2009. [citado na p. 6]
- [4] J. Srinivas, K. V. S. Reddy, and A. M. Qyser, “Cloud computing basics,” *International journal of advanced research in computer and communication engineering*, vol. 1, no. 5, 2012. [citado na p. 6]
- [5] I. Gartner, “Gartner says contrasting views on cloud computing are creating confusion,” 2008. [citado na p. 6, 7]
- [6] A. M. Aref and T. T. Tran, “A decentralized trustworthiness estimation model for open, multiagent systems (dtmas),” *Journal of Trust Management*, vol. 2, no. 1, pp. 1–20, 2015. [citado na p. 6, 61]
- [7] R. Buyya, C. S. Yeo, and S. Venugopal, “Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering it services as computing utilities,” in *High Performance Computing and Communications, 2008. HPCC’08. 10th IEEE International Conference on*, pp. 5–13, Ieee, 2008. [citado na p. 6]
- [8] F. R. Sousa, L. O. Moreira, and J. C. Machado, “Computação em nuvem: Conceitos, tecnologias, aplicações e desafios,” *II Escola Regional de Computação Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI)*, pp. 150–175, 2009. [citado na p. 6, 9]
- [9] P. Mell and T. Grance, “The nist definition of cloud computing,” 2011. [citado na p. 7, 10]

- [10] F. R. Sousa, L. O. Moreira, J. Macêdo, and J. C. Machado, “Gerenciamento de dados em nuvem: Conceitos, sistemas e desafios,” *Topicos em sistemas colaborativos, interativos, multimidia, web e bancos de dados, Sociedade Brasileira de Computacao*, pp. 101–130, 2010. [citado na p. 9, 18]
- [11] K. Chandrasekaran, *Essentials of cloud computing*. CRC Press, 2014. [citado na p. 10, 33, 38, 39, 40, 41, 43]
- [12] F. Liu, J. Tong, J. Mao, R. Bohn, J. Messina, L. Badger, and D. Leaf, “Nist cloud computing reference architecture,” *NIST special publication*, vol. 500, no. 2011, p. 292, 2011. [citado na p. 11, 12, 13, 16, 17, 19]
- [13] OpenStack, “Open source software for creating private and public clouds.” <https://www.openstack.org/>. [citado na p. 13, 34]
- [14] H. P. Enterprise, “HPE Helion Eucalyptus open source hybrid cloud software for aws users.” <http://www8.hp.com/us/en/cloud/helion-eucalyptus-overview.html>. [citado na p. 13, 18, 24, 34]
- [15] A. W. Services, “Amazon ec2 – hospedagem de servidor virtual.” <http://aws.amazon.com/pt/ec2/>. [citado na p. 15, 24]
- [16] M. Azure, “A nuvem para as empresas modernas.” <https://azure.microsoft.com/pt-pt/>. [citado na p. 15, 28, 34]
- [17] P. B. Communications, “Saas, paas, iaas?.” <http://www.pbx1.co.jp/en/saas-paas-iaas/>. [citado na p. 21]
- [18] G. C. Platform, “Compute engine scalable, high-performance virtual machines.” <https://cloud.google.com/compute/>. [citado na p. 24, 28]
- [19] N. Frameworks, “Node.js frameworks.” <http://nodeframework.com/>. [citado na p. 25]
- [20] R. on Rails, “Imagine what you could build if you learned ruby on rails. . . .” <http://rubyonrails.org/>. [citado na p. 25]
- [21] Drupal. <https://www.drupal.org/project/framework>. [citado na p. 25]
- [22] J. Framework. <https://framework.joomla.org/>. [citado na p. 25]
- [23] Wordpress. [https://codex.wordpress.org/Theme\\_Frameworks](https://codex.wordpress.org/Theme_Frameworks). [citado na p. 25]
- [24] Django, “Django makes it easier to build better web apps more quickly and with less code..” <https://www.djangoproject.com/>. [citado na p. 25]

- [25] Java, “Introducing the java ee 6 platform..” <http://www.oracle.com/technetwork/articles/javaee/javaaee6overview-141808.html>. [citado na p. 25]
- [26] Primavera. <http://www.prnewswire.com/news-releases/framework-technologies-integrates-web-collaboration-with-primavera-systems-expedi.html>. [citado na p. 25]
- [27] Play, “The high velocity web framework for java and scala.” <https://www.playframework.com/>. [citado na p. 25]
- [28] Sinatra. <http://www.sinatrarb.com/>. [citado na p. 25]
- [29] R. Framework. <http://rack.github.io/>. [citado na p. 25]
- [30] Z. Framework. <http://framework.zend.com/>. [citado na p. 25]
- [31] C. DB. <https://www.cleardb.com/>. [citado na p. 25]
- [32] PostgreSQL. <http://www.postgresql.org/>. [citado na p. 25]
- [33] I. Cloudant. <https://cloudant.com/>. [citado na p. 25]
- [34] Couchbase. <http://www.couchbase.com/de/membase>. [citado na p. 25]
- [35] MongoDB, “Learn best practices from industry experts..” <https://www.mongodb.com/>. [citado na p. 25]
- [36] Redis. <http://redis.io/commands/SELECT>. [citado na p. 25]
- [37] G. A. for Work, “Google apps for work.” <https://apps.google.com/>. [citado na p. 32]
- [38] NetSuite, “Why netsuite?.” <http://www.netsuite.com/portal/home.shtml>. [citado na p. 32]
- [39] A. W. Services, “onceitos básicos do centro de recursos.” <https://aws.amazon.com/pt/getting-started/>. [citado na p. 34]
- [40] L. Rocha, “Introdução à computação em nuvem,” 2013. [citado na p. 35]
- [41] VMware, “Vmware virtualization for desktop and server, application, public and hybrid cloud..” <http://www.vmware.com/>. [citado na p. 35]
- [42] U. M. Language. <http://www.uml.org/>. [citado na p. 35]
- [43] L. F. C. Projects, “The xen project, the power open source industry standart for virtualization..” <http://www.xenproject.org/>. [citado na p. 35]

- [44] K. V. Machine. [http://www.linux-kvm.org/page/Main\\_Page](http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page). [citado na p. 35]
- [45] O. V. VirtualBox. <https://www.virtualbox.org/>. [citado na p. 35, 43]
- [46] M. M. d. Melo *et al.*, “Auxílio à tomada de decisão no processo de migração para computação em nuvem,” 2014. [citado na p. 36]
- [47] V. Workstation, “Vmware workstation: Multiple operation systems linux, windows 8 and more..” <https://www.vmware.com/products/workstation>. [citado na p. 39, 43]
- [48] M. Hyper-V, “Virtualization for your modern datacenter and hybrid cloud..” <https://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/solutions/virtualization.aspx>. [citado na p. 43]
- [49] C. XenServer, “Xenserver - software de virtualização de código aberto..” <https://www.citrix.com.br/products/xenserver/>. [citado na p. 43]
- [50] VMware, “vsphere hypervisor..” <https://www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor>. [citado na p. 43]
- [51] O. V. Server, “Oracle vm server for sparc..” <http://www.oracle.com/us/technologies/virtualization/oracle-vm-server-for-sparc/overview/index.html>. [citado na p. 43]
- [52] Wikipedia, “Comercio eletrônico..” [https://pt.wikipedia.org/wiki/Com%C3%A9rcio\\_eletr%C3%B4nico#Business-To-Business](https://pt.wikipedia.org/wiki/Com%C3%A9rcio_eletr%C3%B4nico#Business-To-Business). [citado na p. 47, 48, 49]
- [53] P. R. Wurman, M. P. Wellman, and W. E. Walsh, “The michigan internet auctionbot: A configurable auction server for human and software agents,” in *Proceedings of the second international conference on Autonomous agents*, pp. 301–308, ACM, 1998. [citado na p. 49, 50]
- [54] K. D. Smith, *Kasbah@ MIT: a real-world agent mediated electronic marketplace*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1998. [citado na p. 49, 51]
- [55] E. Oliveira, “Applications of intelligent agent-based systems,” 1999. [citado na p. 49]
- [56] H. L. Cardoso and D. E. Oliveira, *Sistema multi-agente para comércio eletrônico*. PhD thesis, Tese de Mestrado em Inteligência Artificial e Computação (FEUP, FCUP e FEP), 1999. [citado na p. 49, 50, 51, 52]
- [57] B. M. D. Veloso, *Transacção de componentes multimédia suportada por agentes*. PhD thesis, Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2012. [citado na p. 50]

- [58] A. S. Chavez, *Kasbah, an agent-based marketplace for buying and selling goods*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1997. [citado na p. 51]
- [59] A. V. Dastjerdi and R. Buyya, “An autonomous time-dependent sla negotiation strategy for cloud computing,” *The Computer Journal*, p. bxv053, 2015. [citado na p. 53, 54, 55]
- [60] E. Badidi, “A cloud service broker for sla-based saas provisioning,” in *Information Society (i-Society), 2013 International Conference on*, pp. 61–66, IEEE, 2013. [citado na p. 53, 54]
- [61] T. A. Henzinger, A. V. Singh, V. Singh, T. Wies, and D. Zufferey, “Flexprice: Flexible provisioning of resources in a cloud environment,” in *2010 IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing*, pp. 83–90, IEEE, 2010. [citado na p. 53, 54]
- [62] L. Wu, S. K. Garg, R. Buyya, C. Chen, and S. Versteeg, “Automated sla negotiation framework for cloud computing,” in *Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid), 2013 13th IEEE/ACM International Symposium on*, pp. 235–244, IEEE, 2013. [citado na p. 53, 54]
- [63] M. Parkin, P. Hasselmeyer, and B. Koller, “An sla re-negotiation protocol,” in *Proceedings of the 2nd Non Functional Properties and Service Level Agreements in Service Oriented Computing Workshop (NFPSLA-SOC08), CEUR Workshop Proceedings, ISSN 1613-0073, Volume 411*, Citeseer, 2008. [citado na p. 54]
- [64] E. Yaqub, R. Yahyapour, P. Wieder, and K. Lu, “A protocol development framework for sla negotiations in cloud and service computing,” in *International Conference on Grid Economics and Business Models*, pp. 1–15, Springer, 2012. [citado na p. 54, 55]
- [65] G. Di Modica, O. Tomarchio, and L. Vita, “Dynamic slas management in service oriented environments,” *Journal of Systems and Software*, vol. 82, no. 5, pp. 759–771, 2009. [citado na p. 54]
- [66] I. Brandic, D. Music, and S. Dustdar, “Service mediation and negotiation bootstrapping as first achievements towards self-adaptable grid and cloud services,” in *Proceedings of the 6th international conference industry session on Grids meets autonomic computing*, pp. 1–8, ACM, 2009. [citado na p. 54]
- [67] C. Castelfranchi and R. Falcone, “Principles of trust for mas: Cognitive anatomy, social importance, and quantification,” in *Multi Agent Systems, 1998. Proceedings. International Conference on*, pp. 72–79, IEEE, 1998. [citado na p. 60]

- [68] I. Pinyol and J. Sabater-Mir, “Computational trust and reputation models for open multi-agent systems: a review,” *Artificial Intelligence Review*, vol. 40, no. 1, pp. 1–25, 2013. [citado na p. 61]
- [69] T. D. Huynh, N. R. Jennings, and N. R. Shadbolt, “An integrated trust and reputation model for open multi-agent systems,” *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 13, no. 2, pp. 119–154, 2006. [citado na p. 61]
- [70] W. L. Teacy, J. Patel, N. R. Jennings, and M. Luck, “Travos: Trust and reputation in the context of inaccurate information sources,” *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 12, no. 2, pp. 183–198, 2006. [citado na p. 61]
- [71] B. Veloso, F. Meireles, B. Malheiro, and J. C. Burguillo, “Federated iaas resource brokerage,” *Developing Interoperable and Federated Cloud Architectures*, 2016. [citado na p. 63]