



Luis Eduardo Grade Madeira

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Análise do Desempenho de um Call Center com recurso ao Controlo Estatístico de Processos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Professor Doutor Rogério Salema Araújo Puga Leal, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri

Presidente: Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Arguente: Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Análise do Desempenho de um *Call Center* com recurso ao Controlo Estatístico de Processos

Copyright © Luis Eduardo Grade Madeira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Aos meus pais e irmãos

Agradecimentos

A realização da presente dissertação só foi possível graças à colaboração de várias pessoas, às quais deixo aqui o meu mais sincero agradecimento.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Doutor Rogério Salema Puga Leal, pela orientação ao longo da realização da presente dissertação.

Ao Sr. F. D. por ter permitido a realização da presentes presente dissertação, e de uma forma geral agradecer a todos os colaboradores da Financeira pela compreensão, em especial ao F. A., T. D., S. R. e S.S..

Uma palavra de agradecimento aos colaboradores do *call center*, A. P., e ao A. B., pela disponibilidade e por toda a ajuda prestada no acesso aos dados que suportaram a presente dissertação.

Queria também agradecer aos meus amigos Diogo Inácio, Marta Completo, Diogo Mota, Cristophe Brasil por toda a amizade, orientação e ajuda ao longo deste percurso que culminou na presente dissertação. Aos meus amigos Rafael Cardoso, Rui Ramos, Vítor Leite, Ana Cambeiro, Raquel Direitinho e Diogo Quaresma pela amizade e momentos de descontração que se revelaram importantes e motivadores. Um especial agradecimento à Filipa Rosa por toda a paciência, motivação, carinho, força e amizade transmitida ainda antes de este projeto ter tido início. A todos o meu mais sincero obrigado.

À minha família por me terem proporcionado tudo aquilo que tenho, a vocês vos devo tudo, à minha mãe Maria Emília, ao meu pai Manuel Madeira e aos meus irmãos Rui e Pedro o meu mais sincero obrigado pela ajuda e compreensão por todos os momentos de ausência.

Resumo

A competitividade entre empresas aumenta todos os dias, levando-as a subcontratar determinados serviços que não são nucleares a outras empresas especializadas em prestá-los. Em determinados serviços, como o caso dos *call centers*, a empresa subcontratada acaba por “dar a cara” pela empresa a quem presta serviços junto dos seus clientes. De forma a assegurar a qualidade do serviço prestado, é normal que entre as empresas, nos contratos de prestação de serviços, existam cláusulas para o nível de serviço que se pretende que seja satisfeito.

Atualmente, os modelos existentes para avaliar a qualidade dos serviços com mais aceitação na comunidade científica são o SERVQUAL e o SERVPERF. Por outro lado, o controlo estatístico de processos (SPC) bastante utilizado e divulgado na indústria dos bens, tem ainda pouca aceitação e exemplos concretos de implementação na indústria dos serviços, apesar dos benefícios associados e dos incentivos para a sua implementação. Uma das ferramentas mais conhecidas associadas ao SPC é a carta controlo, dado o seu poder de monitorização sobre o processo e sinalização de situações de fora de controlo que indicam que é necessário intervir no processo. Adicionalmente, com o processo sob controlo estatístico, é possível calcular a capacidade do processo relativamente a especificações que é necessário respeitar.

A presente dissertação de mestrado propõe-se a avaliar e monitorizar a acessibilidade de um *call-center* aos clientes da Financeira, através da implementação da carta de controlo de atributos para controlar a proporção de unidades não conformes – Carta p, e estabelecer um paralelismo dos índices de capacidade C_{pk} aplicados à realidade do processo de atendimentos de chamadas de um *call center* para avaliar a capacidade de cumprir com os níveis de serviço contratados.

Palavras-chave: Qualidade, SPC, Call Center, Cartas de Controlo

Abstract

The competitiveness between companies increases every day, taking them to subcontract certain services that not represent their core business to other companies specialized in provide a service. In some services, like call centers, the subcontracted company represents the only way by which the client can contact the company. In order to ensure the quality of the service provided, it's normal to establish service level agreements that must be respected.

Currently, the existing models to assess the quality of services with more acceptance in the scientific community are the SERVQUAL and SERVPERF. On the other hand, statistical process control (SPC) widely used in the manufacturing industry, still has little acceptance and concrete examples of its implementation in the services industry, despite its associated benefits and incentives for its implementation. The control chart it's the most known tool associate to SPC, given its monitoring capacities by signalling out of control situations, and its urge to intervene the process. Indirectly, with the process under statistical control, it's possible to calculate its capacity to respect the specification established.

The current dissertation proposes to evaluate and monitor the accessibility to the finance company by its clients, through the implementation of the attributes control chart to control the proportion of nonconforming units - p-Chart, and establish parallelism with the C_{pk} capability index applied to the call center reality to assess the ability to meet the service level agreements.

Keywords: Quality, SPC, Call Center, Control Chart

Índice de Matérias

INTRODUÇÃO	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 ENQUADRAMENTO DO TEMA.....	2
1.3 OBJETIVO.....	3
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 INTRODUÇÃO.....	5
2.2 HISTÓRIA DA QUALIDADE.....	5
2.3 DEFINIÇÃO DE QUALIDADE.....	8
2.4 SERVIÇO.....	9
2.5 QUALIDADE EM SERVIÇOS.....	10
2.5.1 <i>SERVQUAL</i>	11
2.5.2 <i>SERVPERF</i>	14
2.6 CALL CENTERS.....	15
2.6.1 <i>Introdução</i>	15
2.6.2 <i>Tratamento de Chamadas Inbound</i>	16
2.6.3 <i>Gestão de Operações</i>	19
2.6.4 <i>Níveis de Serviço</i>	19
2.6.5 <i>Qualidade em Call Centers</i>	20
2.7 CONTROLO ESTATÍSTICO DE PROCESSOS.....	21
2.7.1 <i>SPC</i>	21
2.7.2 <i>Controlo Estatístico de Processos nos Serviços</i>	23
2.7.3 <i>Cartas de Controlo</i>	24
2.7.4 <i>Medidas de Desempenho</i>	26
2.7.5 <i>Recolha de Dados</i>	27
2.7.6 <i>Dimensão da Amostra</i>	28
2.7.7 <i>Regras para Detecção de Padrões não Aleatórios</i>	29
2.7.8 <i>Tipos de Cartas de Controlo</i>	30
2.7.9 <i>Carta de Controlo de Atributos</i>	31
2.7.10 <i>Carta p Tradicional</i>	32
2.7.10.1 <i>Dimensão da Amostra Constante</i>	33
2.7.10.2 <i>Dimensão da Amostra Variável</i>	33
2.7.11 <i>Considerações sobre a Fase I</i>	35
2.7.11 <i>Aproximação à Normal pela Binomial</i>	36
2.7.12 <i>Fase II – Carta p</i>	37
2.7.13 <i>Cartas CUSUM</i>	37
2.7.14 <i>Cartas CUSUM unilateral para atributos</i>	39

2.7.15 Capacidade do Processo.....	40
CASO DE ESTUDO	43
3.1 INTRODUÇÃO	43
3.2 FINANCEIRA	43
3.3 ORGANIZAÇÃO	44
3.4 DIREÇÃO 1.....	44
3.5 O CALL CENTER	44
3.5.1 Processo de Atendimento da Área ATC.....	45
3.5.2 Volume de Chamadas e Evolução do Nível de Serviço 2015.....	47
3.6 QUALIDADE DO SERVIÇO – FINANCEIRA.....	48
3.7 ÁREA ATENDIMENTO AO CLIENTE – ATC	49
3.8 CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE.....	49
3.9 RECOLHA DOS DADOS.....	50
3.10 ANÁLISE DOS DADOS	50
3.10.1 Metodologia e Aplicação	50
3.11 CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DAS CARTAS DE CONTROLO.....	51
3.12 CONSIDERAÇÕES SOBRE A FASE I	57
3.13 VERIFICAÇÃO DA APROXIMAÇÃO À NORMAL PELA BINOMIAL.....	57
3.14 ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROCESSO	57
3.15 PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DO PROCESSO PARA DADOS BINOMIAIS .	58
3.16 FASE II MONITORIZAÇÃO.....	60
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	63
4.1 CONCLUSÕES.....	64
4.2 RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	65
BIBLIOGRAFIA.....	69
ANEXOS.....	78
ANEXO A	80
DADOS DA FASE I	80
ANEXO B	82
DADOS DA FASE 2	82

Índice de Figuras

FIGURA 2.1 - GAPS DO MODELO SERVQUAL.....	13
FIGURA 2.2 - ATENDIMENTO DE CHAMADAS INBOUND	17
FIGURA 2.3 - CHAMADAS PERDIDAS NO PROCESSO	18
FIGURA 2.4 - CARTA DE CONTROLO.....	24
FIGURA 3.1 - PROCESSO DE ATENDIMENTO DAS CHAMADAS NA ÁREA DO ATC.....	46
FIGURA 3.2 - PERCENTAGEM DE CHAMADAS RECEBIDAS POR ÁREA.....	49
FIGURA 3.3 - CARTA P - FASE I.....	52
FIGURA 3.4 - CARTA P REVISTA - FASE I	54
FIGURA 3.5 - CARTA P REVISTA - FASE I	55
FIGURA 3.6 - REGRAS PARA DETEÇÃO DE PADRÕES NÃO ALEATÓRIOS.	55
FIGURA 3.7 - CARTA P REVISTA - FASE I	56
FIGURA 3.8 - REGRAS PARA DETEÇÃO DE PADRÕES NÃO ALEATÓRIOS	56
FIGURA 3.9 - FASE DE MONITORIZAÇÃO - CARTA P.....	600
FIGURA 3.10- DIAGRAMA CAUSA-EFEITO.....	61

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 - TIPOS DE CARTAS DE CONTROLO	31
TABELA 2.2 - REGRAS PARA AVALIAR A APROXIMAÇÃO DA NORMAL PELA BINOMIAL.....	37
TABELA 2.3 - VALORES DOS ÍNDICES.....	42
TABELA 3.1 - PILOTOS E ÁREAS CALL CENTER.....	45
TABELA 3.2 - NÍVEIS DE SERVIÇO POR MESES EM 2015.....	48
TABELA 3.3 - TOTAIS REFERENTES AOS DADOS RECOLHIDOS.....	51
TABELA 3.4 - DADOS REFERENTES AOS PONTOS ASSINALADOS.....	53
TABELA 3.5 - CAUSAS ESPECIAIS DE VARIAÇÃO	54

Lista de Abreviaturas e Símbolos

ACD	<i>Automatic Call Distributor</i>
ARL	<i>Average Run Length</i>
$ARL_{Em\ controlo}$	Valor de ARL quando o processo se encontra sob controlo estatístico
ATC	Atendimento ao cliente
c	Número de defeitos
C_p	Índice de capacidade potencial do processo
C_{pk}	Índice de capacidade do processo
$(C_{pk})_I, (C_{pk})_S$	Índices de capacidade do processo inferior e superior
C_{pm}	Índice de capacidade potencial corrigido pelo desvio da média em relação ao valor nominal
C_{pmk}	Índice de capacidade corrigido pelo desvio da média em relação ao valor nominal
C_t	Variável na construção da carta CUSUM
CTI	<i>Computer Telephone Integration</i>
CUSUM	<i>Cumulative Sum Control Chart</i>
d	Número de unidades não conformes
h	Parâmetro para o cálculo dos limites de controlo na carta CUSUM
ISO	International Organization for Standardization
k	Valor de referência das cartas CUSUM
LC	Limite central

LIC, LSC	Limite inferior e superior de controlo
LIE, LSE	Limite inferior e superior de especificação
m	Número de amostras
max	Valor máximo
min	Valor mínimo
MR	Amplitude Móvel
N	Número de dados
n	Dimensão da Amostra
\bar{n}	Dimensão média da Amostra
np	Número de unidades não conformes
p	Proporção de unidades não conformes
\bar{p}	Média da proporção de unidades não conformes
R	Amplitude amostral
S	Desvio padrão amostral
S^2	Variância amostral
SDL	<i>Service-Dominant Logic</i>
SPC	Controlo Estatístico do Processo
TQM	<i>Total Quality Management</i>
T_t	Variável na construção da carta CUSUM
u	Número de defeitos por unidade
X	Característica da qualidade
\bar{X}	Média amostral
Z	Variável normal reduzida
α	Nível de Significância; Risco do Tipo I
β	Risco do tipo II
μ	Média do processo

σ	Desvio padrão do processo
w	Estatística de carta de controle
Δ, δ	Parâmetros para a construção das cartas CUSUM



Introdução

1.1 Introdução

As empresas cada vez mais subcontratam outras empresas para prestar serviços nos quais elas próprias não são especialistas e assim poder concentrar esforços na sua própria atividade. Dependendo do tipo de serviço prestado algumas empresas subcontratadas acabam muitas vezes por “dar a cara” por quem prestam o serviço. Um exemplo flagrante deste tipo de serviço são os *Call Centers*, que por vezes acabam por ser o único elo de ligação entre a empresa a quem prestam serviços e os clientes. Quem subcontrata, mesmo não sendo especializada no serviço que pretende ver subcontratado, procura sempre, de alguma forma, avaliar a qualidade do serviço prestado pela outra empresa. O envolvimento de algumas empresas é de tal forma intrincado que acabam por vezes a “partilhar” colaboradores, plataformas e *softwares*, o que leva à criação de informação a partir da qual se pode monitorizar a atividade e avaliar a qualidade do serviço prestado.

A indústria dos serviços e a indústria dos bens são vistas como sendo duas indústrias separadas com pressupostos e modelo para avaliar a qualidade distintos. No entanto, a literatura recente sobre estes dois temas parece atenuar a diferença existente entre estas duas indústrias e ao cruzamento das melhores práticas

entre as duas indústrias no que toca à qualidade. Uma ferramenta que ao longo do século passado se afirmou na indústria dos bens foi o controlo estatístico de processos (SPC) ao permitir monitorizar o comportamento dos processos, caracterizar os diferentes tipos de variação existente e avaliar a capacidade dos mesmos de produzir dentro de especificações definidas.

1.2 Enquadramento do Tema

O SPC comporta um conjunto de ferramentas, em particular as cartas de controlo, que permitem monitorizar o processo e sinalizar situações em que o mesmo se encontra fora de controlo estatístico. As cartas de controlo ao sinalizarem estas situações vão, com auxílio de outras ferramentas, permitir identificar as possíveis causas destas situações para que no futuro as mesmas não voltem a acontecer ou que o seu efeito seja mitigado, melhorando assim a qualidade do serviço prestado para o cliente final. As cartas de controlo permitem estimar os parâmetros do processo quando os mesmos ainda não são conhecidos, partindo do princípio que o processo se encontra sob controlo estatístico.

Durante os meses de Agosto e Setembro de 2015 a atividade do *Call Center* mereceu especial preocupação por parte da Direção 1 da Financeira devido à performance nestes dois meses. A taxa de abandono referente às chamadas com tempo de espera superior a trinta segundos superou em muito o nível de serviço contratado para a área mais importante, aos olhos da Financeira, a área do Atendimento ao Cliente (ATC). Um fator determinante da qualidade do serviço em *Call Center* é a acessibilidade pelos clientes e considerou-se que durante estes meses a performance não atingiu os limites desejados. Com o objetivo de melhorar a qualidade do serviço prestado aos clientes considerou-se que seria importante analisar em maior detalhe o processo de atendimento das chamadas do ATC, recorrendo às ferramentas associadas ao SPC, para que desta forma fosse possível melhorar a qualidade do serviço prestado. Através da aplicação do SPC caracterizar o processo existente em termos estatísticos e verificar a existência de problemas na sua atividade.

1.3 Objetivo

O principal objetivo da presente dissertação é o de testar a utilização do SPC na área específica de um *Call Center* no sentido de caracterizar e monitorizar o seu desempenho operacional.

Numa primeira fase serão analisados os pressupostos associados à utilização das cartas de controlo, determinar os parâmetros do processo e após se considerar que o mesmo se encontra sob controlo estatístico, será feito um estudo sobre a capacidade do processo para cumprir com o nível de serviço contratado. Posteriormente terá início a fase de monitorização do processo com o objetivo de prestar informações úteis à gestão sobre quando o processo se encontra fora de controlo estatístico por forma a minimizar o impacto destes acontecimentos.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos.

No presente capítulo, o primeiro, é feita uma introdução à dissertação. É apresentado o enquadramento do tema assim como os objetivos da presente dissertação e a estrutura.

No segundo capítulo são abordados todos os conceitos e métodos necessários para a parte prática da dissertação. O segundo capítulo começa com uma introdução à história da qualidade e a sua crescente importância assim como as definições de qualidade atualmente aceites. Posteriormente é abordado o conceito de serviço e dois modelos relevantes de avaliar a qualidade em serviços. Por último é introduzido o tema dos *Call Centers* e outros temas relacionados com a sua atividade e finalmente o controlo estatístico de processos (SPC) com destaque para as cartas de controlo de atributos e a Carta CUSUM para dados que apresentam uma distribuição Binomial.

No terceiro capítulo, é apresentada a empresa que deu suporte à presente dissertação Financeira e ao *Call Center* que forneceu os dados necessários. É caracterizado em mais pormenor o *Call Center* e a forma como este interage com a Financeira. Posteriormente, na parte prática, é feito um estudo sobre a distribuição subjacente aos dados recolhidos e a melhor maneira de constituir as amostras. Proceder-se à construção da Carta de controlo para a proporção de unidades

não conformes (Carta p) para dados discretos e ao levantamento das possíveis razões por trás das causas especiais de variação. Na fase de monitorização procede-se à construção da Carta p.

No último capítulo, o capítulo quatro, são apresentadas as conclusões do presente estudo, assim como recomendações à empresa com vista a melhorar a qualidade do serviço prestado e recomendações para trabalhos futuros.

2

Revisão Bibliográfica

2.1 Introdução

No presente capítulo são abordados todos os temas necessários à elaboração da presente dissertação. Inicialmente é realizada uma abordagem à evolução da Qualidade com destaque para o passado recente, para posteriormente se introduzir algumas definições relevantes sobre o conceito de qualidade nas suas diferentes perspetivas.

O conceito de serviço e as principais características consideradas por vários autores são introduzidas para mais tarde se abordar o tema da Qualidade em Serviços e os modelos mais relevantes até hoje utilizados.

Finalmente é abordado o controlo estatístico de processos, as suas ferramentas e é dado mais destaque à ferramenta utilizada: a carta de controlo. São ainda indicados todos os pressupostos necessários para a implementação das cartas de controlo.

2.2 História da Qualidade

A qualidade é um tema intemporal. É possível encontrar provas ao longo da história da humanidade da preocupação do homem com a qualidade (Juran e Godfrey, 1999). Num passado recente o artesão tem um lugar de destaque. As preocupações do artesão com a qualidade dos seus produtos são semelhantes às que encontramos hoje em dia, embora o caminho desde então até aos dias de hoje

não tenha sido linear. O artesão caracterizava-se por ser uma pessoa com imaginação, criatividade, empatia para compreender os requisitos e expectativas do consumidor em relação ao produto final e adaptar o produto. Desta forma, uma das preocupações do artesão consistia em definir processos com o objetivo de minimizar custos e evitar defeitos nos produtos que pudessem levar ao abandono e recomeço do trabalho (Juran e Godfrey, 1999).

Com o aumento da procura os artesãos organizaram-se em oficinas que lhes permitiam produzir uma maior quantidade de produtos. A hierarquia dentro destas oficinas era clara: os aprendizes executavam as tarefas necessárias na produção enquanto os mestres avaliavam o trabalho executado para assegurar os padrões de qualidade e garantir a satisfação do cliente.

Em meados do século dezoito teve início a Revolução Industrial. O desenvolvimento de máquinas deu origem a fábricas que rapidamente ultrapassaram as oficinas dos artesãos. Com a revolução industrial os artesãos especialistas em determinado tipo de tarefas foram postos de lado e outros trabalhadores com menos técnica foram escolhidos para operar as máquinas que vieram a substituir os artesãos nas suas tarefas. Só desta forma foi possível reduzir os custos de produção e aumentar a produtividade. O artesão que dantes estava presente em todas as fases do processo de produção, foi substituído por vários trabalhadores e máquinas e que desempenhavam tarefas diferentes. Ainda assim, a produção em massa levada a cabo por estas fábricas levantaram problemas ao nível da qualidade dos produtos. Isto levantou problemas quando uma fase do processo de produção implicava montagens (Juran e Godfrey, 1999).

Frederick W Taylor deu um passo em frente quando publicou "*The principles of Scientific Management*" ao utilizar teoria estatística como base de suporte para melhorar a produtividade dos trabalhadores nas organizações. Frederick Taylor foi o pioneiro na divisão do trabalho em tarefas simples que poderiam ser executadas mais facilmente, as peças montadas com maior facilidade ao serem utilizadas medidas *standard* para as peças. Este trabalho levou a consideráveis melhorias na produtividade das organizações (Montgomery, 2009). Ainda assim, a melhoria na qualidade dos produtos não foi suficiente e foi necessário a intervenção de inspetores para avaliar a qualidade dos produtos finais e tomar uma decisão sobre rejeitar ou não os produtos. O facto de a inspeção só ser realizada sobre o

produto final não permitia determinar com antecedência a origem dos problemas e a sua possível resolução, isto a juntar ao facto de os inspetores terem muito pouco conhecimento, ou nenhum, sobre a variação natural do processo e sobre como recolher e analisar os dados não lhes permitia fazer alterações concretas e fundamentas nos processos com vista a diminuir desperdícios (Juran e Godfrey, 1999).

Considera-se que o controlo estatístico de processos teve o seu início formal em 1924 por W. H. Shewhart com o desenvolvimento das cartas de controlo nos laboratórios da Bell Industries. Ainda nestes laboratórios Harry. G. Roming, Dodge, Harold Feigenbaum desenvolvera o conceito de recolha de amostra em substituição da 100% até ai utilizada (Montgomery, 2009). Foi um passo importante para compreender a variação natural existente nos processos e como controlá-la.

Com a segunda guerra mundial o uso e aceitação do controlo estatístico da qualidade nas indústrias aumentou, em especial na indústria do armamento. Durante este período, o uso das ferramentas associadas ao controlo estatístico da qualidade vieram provar-se essenciais para controlar e melhorar a qualidade dos produtos (Montgomery, 2009). A inspeção a cem por cento, que até aqui tinha sido o método predominante de avaliar as unidades produzidas, deu lugar à inspeção por amostras.

Com o término da segunda guerra mundial, o Japão convida Juran, Deming e Feigenbaum com o objetivo de ajudar no desenvolvimento da indústria Japonesa virtualmente destruída pela guerra. Deming realça o papel da gestão de topo como influencia na qualidade da empresa como um todo. Desenvolve o modelo PDCA (*plan-do-check-act*) como ferramenta de auxílio na melhoria continua. Deming enumera vários problemas que considera como sendo "*seven deadly diseases of management*" e desenvolve catorze pontos onde explica como eliminar estes problemas (Montgomery, 2009).

No início dos anos oitenta do século passado introduziu-se o termo Total Quality Management (TQM), ou Gestão pela Qualidade Total, como uma estratégia para implementar e gerir atividades de melhoria da qualidade nas organizações. Esta estratégia, que parte dos ideais de Deming e Juran, prevê o envolvimento e compromisso de toda a estrutura na melhoria continua (Montgomery,

2009). Na mesma altura, Philip B. Crosby populariza o termo "*Zero Defects*" ao introduzi-lo no seu livro "*Quality is free*" onde estuda os custos da não-qualidade.

Na década de oitenta do século passado a Motorola introduziu a metodologia Seis-Sigma considerada até aos dias de hoje como sendo o último avanço na área da Qualidade.

2.3 Definição de Qualidade

A qualidade é um tema cada vez mais importante nos dias de hoje, e uma preocupação cada vez maior para as empresas. A crescente globalização leva a que as empresas hoje em dia tenham de concorrer com os produtos e serviços prestados não só pelos seus concorrentes mais próximos, em termos geográficos, assim como outros concorrentes que se podem situar literalmente do outro lado do planeta. Podem existir várias razões para os consumidores optarem por produtos ou serviços oferecidos por empresas que se situam do outro lado do planeta: o preço, ou qualidade por exemplo. Pode parecer um pouco difícil uma empresa que não se situa "perto" dos seus clientes conseguir oferecer produtos ou serviços que sejam entendidos por estes como sendo de qualidade. Interessa então definir o conceito de qualidade para perceber como pode uma empresa oferecer qualidade aos seus clientes (Chandrupatla, 2009).

Não existe à volta do conceito de qualidade um consenso no que toca à sua definição. Diferentes autores têm as suas próprias definições do conceito de qualidade que aqui se especificam duas.

"*Fitness for use*" é a definição atribuída por Juran e Godfrey (1999). Juran dá ênfase às expectativas do cliente em relação ao produto. "*Quality is conformance to requirements*" por Crosby (1979). Nesta definição o destaque vai para o produto, ou serviço, que se estiver dentro das especificações previamente definidas é entendido como sendo de qualidade.

As definições até aqui apresentadas provém da indústria dos bens. Na indústria dos serviços, a definição de qualidade associada a um serviço sofre algumas alterações muito por causa das características associadas de um serviço que diferem das características associadas a um produto. Parasuraman et al. (1988a) consideram que a qualidade do serviço é a magnitude da discrepância entre as suas expectativas e as perceções relativamente ao serviço prestado.

A norma ISO 9000:2015 define qualidade como o grau em que um conjunto de características inerentes a uma entidade satisfazem os requisitos.

2.4 Serviço

Ao longo da literatura relacionada com serviços e qualidade em serviços diferentes autores atribuem definições algo semelhantes ao conceito de serviço e atribuem-lhe características que consideram ser fundamentais para a sua compreensão. Os modelos de avaliação da qualidade em serviços elaborados com base nas características definidas para os serviços diferem embora os mais relevantes tenham moldes semelhantes.

Kotler e Keller (2006) definem serviço como sendo uma ação ou atividade que uma parte oferece a outra, sendo esta essencialmente intangível, não podendo desta forma ser afeta a qualquer tipo de propriedade, ainda assim, a sua produção pode estar relacionada com um produto.

Para Storbacka et al. (1994) os serviços são séries de atividades com natureza intangível que podem ter lugar em interações entre clientes e operadores que são oferecidos para solucionar problemas dos clientes.

Vargo e Lusch (2004) definem serviço como a aplicação de competências especializadas (conhecimento), por meio de atos, processo e performances para o benefício de entidades, que pode ser a própria ou não.

A literatura relacionada com os serviços é vasta e não é consensual no que se refere as características dos serviços (Vargo e Lusch, 2004).

Vários autores atribuem quatro características fundamentais aos serviços (Fitzsimmons e Fitzsimmons, 2004):

- **Intangibilidade:** os serviços não têm uma existência física, os serviços são performances ao invés de produtos. Os serviços não podem ser contados, medidos, armazenados, testados e verificados para assegurar a sua qualidade antes de prestar o serviço.
- **Heterogeneidade:** a prestação de um serviço implica a interação com o consumidor, o que leva a que o mesmo serviço possa ser diferente de consumidor para consumidor.

- Inseparabilidade: o momento da produção do serviço e o seu consumo não podem ser separados porque são simultâneos;
- Percibilidade: os serviços não podem ser armazenados para serem utilizados mais tarde.

Vargo e Lusch (2004) discordam das características apresentadas para os serviços porque consideram que estas características têm uma visão dos bens de consumo na sua génese: estas características são essencialmente quatro contrastes entre bens e serviços, e apresentam vários exemplos claros onde estas características não se adequam a vários serviços. Vargo e Lusch (2004) não estabelecem uma distinção entre bens e serviços porque consideram que os bens são uma extensão dos serviços, um mecanismo pelo qual o produtor coloca no bem a capacidade deste prestar um serviço ao consumidor. Esta abordagem é referenciada na literatura como *Service-Dominant Logic* (SDL) que considera que os produtos são meios para distribuir serviços aos consumidores que em último caso todas as empresas são prestadores de serviços (Lusch, 2006; Vargo e Lusch, 2008)

2.5 Qualidade em Serviços

Nas últimas décadas foram elaborados vários modelos que permitem medir a qualidade do serviço, uns com mais aceitação que outros. Seth et al. (2005) elaboram uma longa lista com vários modelos existentes para medir a qualidade de serviço. Na presente obra irão ser abordados apenas dois por se considerar serem os mais relevantes na literatura.

Existem duas abordagens diferentes à qualidade em serviços que tem dividido os modelos até aqui criados. Uma abordagem refere-se à qualidade percebida e tem como base as expectativas dos consumidores em relação ao serviço a ser prestado (Parasuraman et al., 1985). Por outro lado Cronin Jr. e Taylor (1992) defendem que a qualidade de serviço é uma atitude do consumidor com base na percepção da performance do serviço.

Com base nestas duas visões diferentes de avaliar a qualidade do serviço, Parasuraman et al. (1988b) e Cronin Jr. e Taylor (1992) desenvolvem modelos para medir a qualidade do serviço: SERVQUAL e SERVPERF respetivamente. Os dois modelos apresentam moldes semelhantes na medida em que se baseiam nas cinco dimensões da qualidade apresentadas por (Parasuraman, Zeithaml, e

Berry, 1985). Para além da principal diferença já referida, os autores (Cronin Jr. e Taylor, 1992) discordam que tipos de serviços diferentes sejam avaliados da mesma forma.

2.5.1 SERVQUAL

Parasuraman et al. (1985), com base nas características apresentadas sobre os serviços enumeram alguns aspetos relativos à qualidade dos serviços:

- A qualidade do serviço é mais difícil para o consumidor de avaliar quando compara com um bem;
- A qualidade do serviço percebida pelo consumidor resulta da comparação entre as expectativas por este formadas e a performance na execução do serviço;
- A avaliação do serviço prestado não é feita unicamente com base no *output* do serviço mas também na sua execução.

No estudo sobre a qualidade do serviço Parasuraman et al. (1985) conduziu uma série de entrevistas a gestores de empresas de vários ramos e a clientes desses ramos de negócio. O estudo permitiu-lhe concluir que a qualidade do serviço é avaliada pelo consumidor com base nas suas perceções, comparando-as com as expectativas que tinha em relação ao serviço. Os autores estabelecem que a qualidade do serviço terá uma relação direta com a dimensão da discrepância entre as expectativas e as perceções. Parasuraman et al. (1985) concluíram que independentemente do tipo de serviço, os consumidores utilizam os mesmos critérios para avaliar a qualidade do serviço. Os critérios identificados foram organizados em dez categorias e mais tarde foram reorganizados e formaram-se cinco categorias (Parasuraman et al., 1988b). De cada uma destas cinco categorias identificadas fazem parte, ao todo, vinte e dois critérios. Parasuraman et al. (1988b) identifica as cinco categorias como sendo cinco dimensões da qualidade:

- Tangíveis: instalações, equipamento, aparência dos colaboradores;
- Fiabilidade: habilidade para desempenhar o serviço prometido de forma cuidadosa e fiável;
- Capacidade de resposta: vontade para ajudar os consumidores e prestar um serviço célere;

- Segurança: conhecimentos e cortesias dos colaboradores e a sua capacidade para inspirar confiança;
- Empatia: carinho e atenção individualizada que a firma presta aos seus clientes.

O questionário é a base para a avaliação da qualidade do serviço. O questionário está organizado em duas partes: na primeira parte o cliente classifica as suas expectativas em relação aos vinte e dois critérios numa escala que vai desde “Discordo Completamente” até “Concordo Completamente”. Na segunda parte do questionário, o cliente com base na mesma escala identifica como é que a empresa se situa relativamente aos vinte e dois critérios a avaliar. Posteriormente, a empresa analisa os questionários para avaliar a prestação dos seus serviços nas cinco dimensões da qualidade referidas (Parasuraman et al., 1988b).

Desta forma, através do cálculo das diferenças entre as expectativas e as perceções relativas aos vinte e dois critérios identificados, é possível saber como uma determinada empresa se situa relativamente a uma determinada característica da qualidade.

Parasuraman et al. (1985), na figura 2.1, identifica cinco gaps que estão na origem da qualidade do serviço.

Na parte superior da figura, que se encontram sob o domínio do consumidor é possível verificar que as expectativas do cliente referente ao serviço esperado são influenciadas por experiências anteriores próprias, ou de outros clientes que partilharam a sua opinião; pelas próprias necessidades pessoais e por comunicações externas realizadas pela empresa.

Na parte inferior da imagem, sob o domínio da empresa, as perspectivas da gestão sobre as expectativas do cliente referente ao serviço a ser prestado ditam o modo como o processo se vai desencadear até ser oferecido o serviço ao cliente.

Parasuraman et al. (1985) afirmam que a dimensão da *gap* 5 é função da dimensão das outras quatro *gaps* e a direção e dimensão da *gap* 5 determina a qualidade do serviço prestado.

$$gap(5) = f(gap1, gap2, gap3, gap4) \quad (2.1)$$

Desta forma, a dimensão e direção da *gap* 5 pode gerar frustração ou surpresa no cliente.

2.5.2 SERVPERF

Cronin e Taylor (1992) afirmam que o modelo apresentado por Parasuraman et al. (1988b) tem falhas e discordam do método de comparar percepções e expectativas para medir a qualidade do serviço. Cronin e Taylor (1992) apresentam o modelo SERVPERF e baseiam-se apenas nas percepções sobre a performance para medir a qualidade do serviço. Os autores afirmam que a qualidade percebida pelos clientes é um antecedente da sua satisfação e desta forma perceber se o que é importante para a organização é ter clientes satisfeitos com o serviço prestado ou oferecer o nível máximo de qualidade percebida.

Cronin e Taylor (1992) utilizam as mesmas dimensões da qualidade identificadas por Parasuraman et al. (1988b) e afirmam que a qualidade deve ser conceituada como um tipo de atitude do cliente em relação às dimensões da qualidade identificadas.

2.6 Call Centers

2.6.1 Introdução

Nos últimos anos, a diminuição dos custos das telecomunicações e das tecnologias fez com que prestar informação e assistência a clientes e potenciais clientes se tornasse mais económico, o que levou à criação de grupos especializados em atender chamadas e prestar este tipo de serviço (Aksin et al., 2009).

Os *call centers*, e os seus recentes sucessores - *contact centers* - são muitas vezes o meio escolhido pelas empresas para comunicar com os seus clientes, tornando assim os *call centers* o primeiro elemento de ligação entre as empresas e os seus clientes (Gans et al., 2003; Milner e Olsen, 2008).

Na sua essência, um *call center* é formado por um conjunto de recursos - pessoas, computadores e equipamento de telecomunicações - que permite a prestação de serviços via telefone. A área de um *call center* pode ser vista como uma sala com inúmeros cubículos individuais preenchidos com pessoas com auscultadores sentados à frente de computadores prestando serviços a clientes "fantasma" (Gans et al., 2003).

A maioria das organizações que tem contacto com o cliente - companhias privadas, serviços governamentais e de emergência - reestruturaram-se de forma a incluir um ou vários *call centers* na sua estrutura, geridos internamente ou em regime de *outsourcing*.

Os *call centers* que prestam serviços de atendimento para as empresas, normalmente lidam com mais do que uma empresa cliente. Para garantir a qualidade do serviço prestado por estes *call centers*, as empresas assinam contractos com os *call centers* onde estabelecem níveis de serviço através dos quais a performance do *call center* será avaliada (Milner e Olsen, 2008).

Os *call centers* distinguem-se com base no fluxo das chamadas: *inbound*, *outbound* ou *blended*. *Inbound call centers* tratam de chamadas que são iniciadas no exterior. Os *call centers* que tratam deste tipo de chamadas normalmente prestam serviços de *help-desk*, reservas e suporte para clientes de companhias aéreas e hotéis. *Outbound call centers* tratam de chamadas que são iniciadas pelo próprio *call center*. Este tipo de operações são normalmente associadas a telemarketing e

inquéritos. Os *blended call centers* processam os dois tipos de chamadas descritos anteriormente (Gans et al., 2003).

A organização dos *call centers* pode variar em função do nível de conhecimentos necessários dos colaboradores. Quando o nível de competências necessárias é baixo, o *call center* pode optar por dar formação a todos os colaboradores de forma a dotá-los de competências para atender qualquer tipo de chamada e neste caso a ordem de atendimento das chamadas é em função da ordem de chegada. Pode haver casos em que o atendimento ao cliente requer um certo nível de especialização mais avançado, desta forma o *call center* organiza a sua estrutura por "camadas" em que as chamadas recebidas são direcionadas para determinados colaboradores com base no tipo de conhecimentos necessários, podendo desta forma o cliente ter de esperar mais que uma vez até que a chamada chegue ao colaborador certo (Gans et al., 2003).

2.6.2 Tratamento de Chamadas *Inbound*

Na figura 2.2 é descrito o processo de atendimento de uma chamada *Inbound*. O cliente começa por marcar um número específico para poder contactar o *call center*. O operador desse número identifica o número do qual o cliente está a ligar e o número para o qual pretende ligar e atribuiu a chamada ao *call center* através das linhas disponíveis. Caso não haja nenhuma linha disponível o cliente recebe a informação que o número está ocupado e a chamada é terminada. Quando a chamada entra no domínio do *call center* a central telefónica conduz o cliente por um processo de atendimento automático, onde se dá a escolher ao cliente um conjunto de opções com base no propósito da chamada, incluindo o atendimento por um agente. Caso o cliente pretenda ser atendido por um agente, a chamada passa pelo *Automatic Call Distributor (ACD)* para ser atribuída a um operador que se encontre livre. A atribuição da chamada a um operador pode seguir vários critérios tais como a língua em que o cliente pretende ser atendido ou o próprio propósito da chamada que implique algum tipo de conhecimento que só se encontre com alguns dos agentes. Pode dar-se o caso de nenhum agente estar disponível para atender a chamada e neste caso o cliente permanecerá em espera até ser atendido, ou pode o cliente desistir da chamada e o processo termina aqui (Baron e Milner, 2009; Gans et al., 2003).

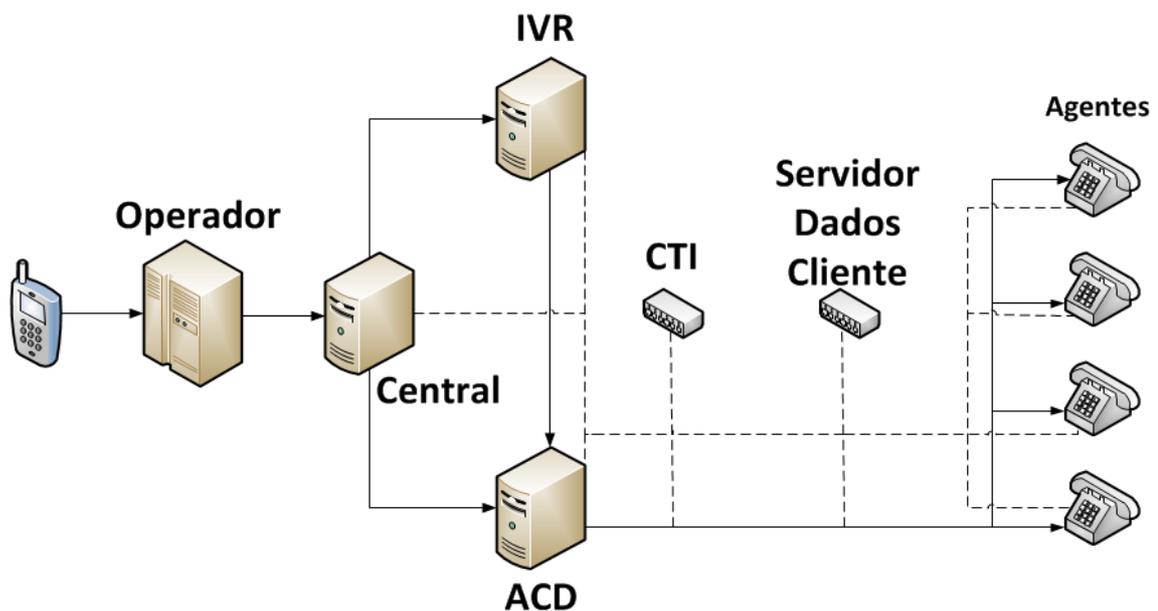


Figura 2.2 - Atendimento de Chamadas Inbound (Adaptado de (Gans et al., 2003))

O *call center* utiliza um *middleware*, identificado na figura por CTI (*Computer-telephone integration*): *software* que é utilizado para fazer a mediação entre o *software* e outras aplicações com o *objectivo* de recolher informação. Por exemplo, caso o número pelo qual o cliente está a contactar o *call center* já esteja atribuído a uma determinada ficha de cliente, através do *middleware* é possível visualizar informação relativa a este cliente no terminal de computador do agente que está a atender a chamada (Gans et al., 2003)

O *call center* gera grandes quantidades de informação durante um dia de trabalho. O ACD e a IVR mantêm um registo dos vários acontecimentos e fases pela qual uma chamada passa ao longo do *call center*. Desta forma, por exemplo, sempre que a chamada passa de estar em espera para passar a ser atendida, é registado um tempo (Gans et al., 2003).

Através destes registos é possível descrever com detalhe todos os acontecimentos associados a uma chamada: quando a chamada chegou, quem contactou, as ações que o cliente tomou no atendimento automático, quanto tempo o cliente esteve em espera para ser atendido, quanto tempo durou o atendimento por parte do agente, quem foi o agente. Regra geral, esta informação é condensada em relatórios por franja horária com valores médios e totais relativos a vários parâmetros (Gans et al., 2003).

Os parâmetros que geralmente são tidos em conta para efeitos de qualidade e performance do call center são (Gans et al., 2003):

- Número de chamadas recebidas;
- Número de chamadas atendidas;
- Taxa de abandono;
- Tempo médio de espera – que se refere ao tempo médio que os clientes esperam até a sua chamada ser atendida por um operador

A taxa de abandono refere-se à percentagem de chamadas recebidas no *call center* que foram abandonadas por iniciativa do cliente antes de serem atendidas (Gans et al., 2003).

$$\% \text{ Taxa de abandono} = \left(1 - \frac{\# \text{ chamadas atendidas}}{\# \text{ chamadas recebidas}}\right) \times 100\% \quad (2.2)$$

Na figura 2.3 é descrito o processo de atendimento das chamadas *inbound* com destaque para as várias fases onde uma chamada recebida se pode tornar numa chamada não atendida.

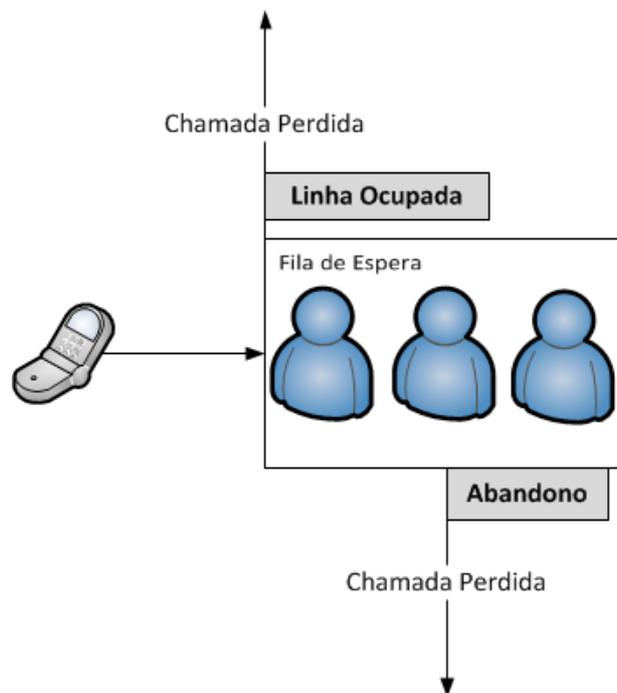


Figura 2.3 - Chamadas Perdidas no Processo (Adaptado de (Gans et al., 2003))

2.6.3 Gestão de Operações

A gestão tradicional das operações em *call centers* incluem, por exemplo, a determinação de quantos agentes contratar baseada numa previsão de chamadas para um intervalo temporal determinado e a determinação das melhores escalas, para os horários dos colaboradores, baseadas numa previsão das chamadas a curto prazo (Aksin et al., 2009). É, portanto, necessário conjugar todos os *factors* de forma a minimizar os custos associados à prestação de serviços. Para uma gestão eficiente dos recursos disponíveis é necessário ter uma previsão das chamadas a receber o tempo de serviço associado para poder, de uma equipa de colaboradores disponíveis, construir escalas para os colaboradores de forma a minimizar os custos e satisfazer a procura, que neste caso é traduzida pela previsão de chamadas.

Para poder prever as chamadas e os tempos de serviço é necessário o auxílio de modelos de previsão e de filas de espera.

A previsão das chamadas tem duas componentes temporais distintas. Uma passa pela previsão mais grosseira do número de chamadas a receber num horizonte temporal que pode variar de algumas semanas, até meses, com o objetivo de antecipar a contração e formação de novos colaboradores, se necessário. Outra componente, tem um horizonte temporal mais curto que pode variar de dias, até horas, com o objetivo de ajustar as escalas dos colaboradores disponíveis.

Weinberg et al. (2007) apresentam um modelo para previsão de chamadas baseada na distribuição discreta de *Poisson* e num fator de erro que quando conjugados permitem calcular a previsão de chamadas do próximo dia em intervalos de tempos de quinze a sessenta minutos.

2.6.4 Níveis de Serviço

Os *call centers* são essencialmente componentes de grandes empresas. Enquanto algumas destas preferem criar *call centers* internos, outras empresas preferem subcontratar estes serviços externamente. Num típico acordo de *outsourcing* entre uma empresa e um *call center*, a empresa contracta um especialista em *call center* para fornecer a tecnologia adequada e os colaboradores necessários

para satisfazer os seus clientes da empresa. A empresa especifica a qualidade que pretende associada ao serviço, que pode incluir detalhe relativos aos tempos de espera, requisitos dos clientes das empresas, assim como os detalhes financeiros do contrato sobre recompensas e penalidades (Akşin et al., 2008; Baron e Milner, 2009).

Os níveis de serviço contratados podem referir-se a tempos para atendimentos, ou taxas de abandonos (Baron e Milner, 2009):

- 80/20: em que oitenta por cento das chamadas têm de ser atendidas até aos vinte segundos em espera;
- Taxas de abandono: onde se limita uma percentagem máxima a taxa de abandono no horizonte temporal considerado.

Os níveis de serviço contratados podem ter horizontes temporais diferentes, Baron e Milner (2009) classificam os níveis de serviço com base no horizonte temporal para que estão definidos:

- Individuais: em que o detalhe se refere ao número exato de clientes que não foram atendidos dentro do nível de serviço acordado. Este tipo de horizonte temporal é mais utilizado quando os níveis de serviço se baseiam em tempos de espera dos clientes. O cálculo das penalidades é proporcional ao número de clientes nesta situação.
- Período: considera-se intervalos de tempo em que o número de chamadas recebidas é aproximadamente constante e efetua-se o cálculo do nível de serviço para os períodos considerados e as penalidades são atribuídas com base no número de períodos em que o nível de serviço não foi cumprido.
- Horizonte: o intervalo de tempo neste tipo de horizonte temporal é fixo e costuma ser semanal ou mensal, e com base neste intervalo de tempo efetua-se cálculo do nível de serviço.

2.6.5 Qualidade em *Call Centers*

A qualidade do serviço prestado pelos *call center* prende-se com três aspetos (Gans, Koole, & Mandelbaum, 2003):

- Acessibilidade: está relacionada com o tempo que o cliente espera até poder ser atendido por um agente, e com a quantidade de clientes que abandonam a espera antes de serem atendidos;

- Eficácia: se o problema exposto pelo cliente durante a chamada foi completamente resolvido, ou se será preciso algum tipo de trabalho adicional, ou eventualmente outra chamada, para resolver este problema. Esta informação é normalmente inferida através de uma recolha aleatória de chamadas gravadas e interpretadas por especialistas que retiram conclusões quanto à eficácia do serviço prestado;
- Interação: relaciona-se com a forma como o agente interagiu com o cliente durante todo o atendimento, se mostrou ser educado e se seguiu o guião prescrito para o tipo de assunto a ser tratado.

Não obstante, algumas práticas existentes nos *call centres* podem comprometer alguns destes aspetos tidos em conta na avaliação da qualidade do serviço prestado. Com o propósito de aumentar a produtividade e diminuir custos, os agentes são pressionados para atender demorar o menor tempo possível com cada chamada, o que pode levar a que o problema não fique completamente resolvido na primeira chamada. Outros aspetos é a alta rotatividade dos agentes de *call center* que aumenta a probabilidade dos agentes não se encontrarem bem treinados para prestar o serviço, o que diminui a perceção do cliente da qualidade do serviço prestado.

2.7 Controlo Estatístico de Processos

Nos próximos pontos é discutido o SPC e as ferramentas associadas, tais como a carta de controlo, em especial a carta de controlo de atributos para controlar a proporção de unidades não conformes, assim como os índices de capacidade desenvolvidos para avaliar a capacidade de processos com dados normalmente distribuídos.

2.7.1 SPC

O SPC refere-se a métodos estatísticos usados para monitorizar e melhorar a qualidade e produtividade dos processos (Woodall e Montgomery, 2014). O SPC é uma metodologia para melhorar a qualidade dos processos e dos seus produtos por via do controlo e redução da variabilidade inerente a estes processos (Škulj et al., 2013). A ferramenta mais conhecida e mais utilizada associada ao controlo estatístico de processos são as cartas de controlo (Woodall e Montgomery, 2014). Nas empresas a aplicação do SPC passa pela recolha de informação

para fins estatísticos para posteriormente ser analisada com recurso, por exemplo, às Cartas de Controlo (Juran e Godfrey, 1999)

A carta de controlo faz parte do grupo de ferramentas associadas ao SPC. Deste grupo para parte (Montgomery, 2009; Pereira e Requeijo, 2012):

- Histograma: é um gráfico de barras que permite ver a frequência da ocorrência dos valores de uma variável, que fornece informações sobre a dispersão e a localização dos valores recolhidos;
- Diagrama de dispersão: é um gráfico útil para a identificação de uma possível relação entre duas variáveis;
- Diagrama Causa-e-Efeito: é uma ferramenta que permite, após identificado, por exemplo, um problema ou um defeito, ir de encontro às suas possíveis causas através de um processo interativo associado à sua construção;
- Diagrama de *Pareto*: é um gráfico com a distribuição de frequência de dados de atributos organizados por categorias que permite visualizar a contribuição relativa de cada atributo;
- Folha de Verificação: ferramenta que permite registar o número de ocorrência de um determinado acontecimento
- Diagrama de Concentração de Defeitos: é uma ferramenta que se baseia na representação das perspetivas relevantes do produto e do local preciso dos defeitos detetados com o objetivo de verificar se esta representação transmite informação útil sobre as possíveis causas destes defeitos;
- Fluxograma: é uma ferramenta que ilustra ordenadamente as várias etapas que sequencialmente vão contribuindo para a obtenção de um produto.

Associado a um qualquer processo existe sempre variabilidade (Montgomery, 2009). A variabilidade natural do processo, ou ruído de fundo, é a combinação do efeito de vários fatores que essencialmente são inevitáveis (Montgomery, 2009), por exemplo, a matéria-prima, os trabalhadores, estado das máquinas, temperatura, humidade entre outros (Pereira e Requeijo, 2012). Um processo que opere somente sob o efeito destes fatores diz-se estar sob controlo estatístico. Estes fatores que provocam uma variação natural no processo são designados por causas comuns de variação (Montgomery, 2009).

Uma combinação dos fatores enunciados, ou uma mudança individual num deles, ou ainda outros tipos de fatores podem afetar a variação natural dos processos e fazer com que o processo passe a estar fora de controlo estatístico. Estes fatores designam-se por causas especiais de variação (Montgomery, 2009).

A carta de controlo, introduzida por W. A. Shewhart, é uma ferramenta importante que permite distinguir entre a atuação das causas comuns e especiais de variação (Juran e Godfrey, 1999).

2.7.2 Controlo Estatístico de Processos nos Serviços

A literatura existente ao nível da implementação do SPC na indústria dos serviços não é muito vasta, e é mais fácil encontrar artigos a justificar a implementação do SPC na indústria dos serviços do que aplicações práticas do mesmo (Roes e Dorr, 1997; Sulek, 2004; Wood, 1994). Livros relacionados com a aplicação do SPC na indústria dos bens indicam que as ferramentas apresentadas podem e devem ser utilizadas na indústria dos serviços com as devidas considerações (Juran e Godfrey, 1999; Montgomery, 2009; Pereira e Requeijo, 2012).

Ainda assim, a aceitação do SPC por parte da comunidade relacionada com a indústria dos serviços tarda em aparecer e os argumentos utilizados para a recusa no uso do SPC são que esta ferramenta é completamente baseada na indústria dos bens e que as suas aplicações são limitadas para os serviços dado as suas diferenças (Sulek, 2004).

Por outro lado, uma empresa prestadora de serviços é constituída por diversos processos interligados, que acabam por estar dependentes uns dos outros. O SPC permite que os utilizadores se concentrem no processo sem descuidar o cliente final, com o objetivo de eliminar causas especiais de variação e manter o processo sob controlo estatístico, porque com causas especiais de variação a interferir no processo torna-se difícil de afirmar com precisão como é que o processo se vai comportar no futuro (Sulek, 2004).

Com o processo sob controlo estatístico é possível calcular a capacidade do processo para produzir, ou “servir”, respeitando determinadas condições. Desta forma, caso o processo não seja capaz, será necessário alterar o processo, ou rever as condições que se querem ver satisfeitas (Sulek, 2004). Um exemplo

fragante é o cálculo da capacidade de um *call center* para cumprir com determinados níveis de serviço acordados.

2.7.3 Cartas de Controlo

A carta de controlo, introduzida por Walter A. Shewhart em 1920, é uma ferramenta desenvolvida nos laboratórios da Bell Industries. A carta de controlo é uma representação gráfica da variabilidade do processo (Juran e Godfrey, 1999) e uma excelente ferramenta para controlar e reduzir a variabilidade do processo (Montgomery, 2009).

A carta de controlo é constituída:

- Eixo horizontal onde a numeração corresponde à ordem cronológica das amostras recolhidas;
- Eixo vertical onde está representado uma gama de valores possíveis de serem obtidos para a característica da qualidade em estudo;
- Linha Central (LC): corresponde ao valor médio para a característica da qualidade em estudo;
- Limite Superior de Controlo (LSC), que está a uma determinada distância k acima da linha central;
- Limite Inferior de Controlo (LIC) que está a uma determinada distância k abaixo da linha central.

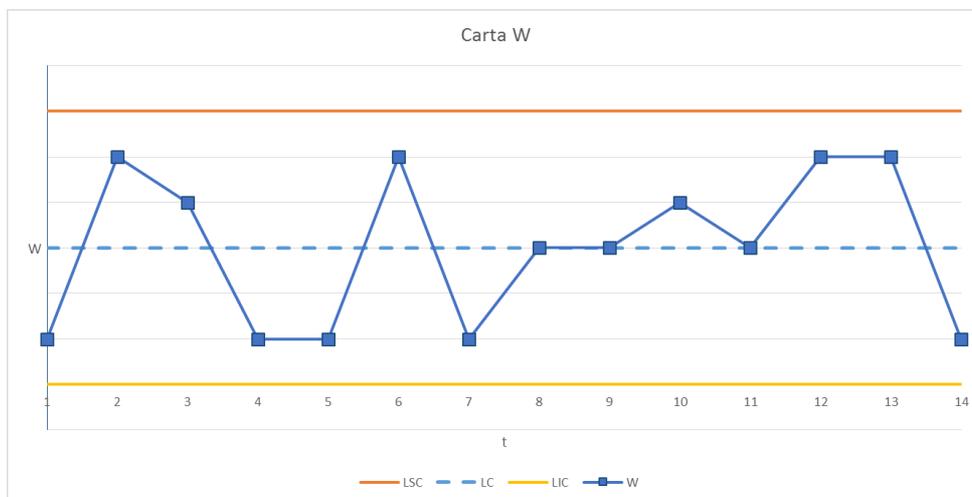


Figura 2.4 - Carta de Controlo

Pela observação da carta de controlo é possível verificar quando o processo se encontra, ou não, sob controlo estatístico. Se os pontos se situarem entre o limite superior e inferior de controlo e não apresentarem nenhum padrão não aleatórios, referidos no ponto 2.7.7, diz-se que o processo se encontra sob controlo estatístico e está sujeito a causas comuns de variação. Se alguma destas condições não se verificar está-se perante causas especiais de variação e o processo não se encontra sob controlo estatístico (Juran e Godfrey, 1999; Montgomery, 2009). Na figura 2.4 encontra-se o exemplo de uma carta de controlo.

Considere-se a característica da qualidade ω em estudo. Se o processo se encontrar sob controlo estatístico e os parâmetros $E(\omega) = \mu_\omega$ e $Var(\omega) = \sigma_\omega^2$ são conhecidos, os limites de controlo e a linha central são calculados da seguinte forma:

$$LSC(\omega) = \mu_\omega + k\sigma_\omega \quad (2.3)$$

$$LC(\omega) = \mu_\omega \quad (2.4)$$

$$LIC(\omega) = \mu_\omega - k\sigma_\omega \quad (2.5)$$

Quando k toma o valor três, os limites de controlo ficam exatamente “três sigma” distanciados da linha central, a estas cartas dá-se o nome de cartas de controlo de Shewhart (Montgomery, 2009).

O processo de construção da carta de controlo entende duas fases com objetivos completamente distintos (Montgomery, 2009). Na primeira fase, designada por Fase I, os dados recolhidos para a construção da carta são utilizados para perceber se durante o período de recolha dos dados o processo esteve, ou não, sob controlo estatístico.

Com os dados recolhidos procede-se à construção da carta de controlo. Se na carta de controlo não se identificar nenhuma causa especial de variação considera-se que o processo se encontra sob controlo estatístico e estima-se os parâmetros do processo com base nos dados recolhidos. Caso se detetem causas especial de variação, o ponto correspondente deve ser retirado e proceder-se à

construção de uma nova carta de controlo. Caso seja necessário retirar muitos pontos, as causas dos mesmos devem ser investigadas e corrigidas e proceder-se à recolha de novos dados (Montgomery, 2009). Diz-se que a Fase I corresponde a uma análise retrospectiva (Pereira e Requeijo, 2012).

Na Fase II da construção das cartas de controlo estima-se os parâmetros do processo com base nos dados recolhidos durante a Fase I. À medida que novos dados são recolhidos, os mesmos são adicionados à carta por ordem cronológica. Caso algum destes novos pontos seja indicativo de uma causa especial de variação, a origem dos mesmos deve ser investigada e implementadas medidas para a sua correção (Montgomery, 2009). Diz-se que a Fase II corresponde a uma fase de monitorização do processo (Pereira e Requeijo, 2012).

2.7.4 Medidas de Desempenho

Avaliação do desempenho de uma carta de controlo prende-se com o número de vezes que a carta de controlo sinaliza um ponto fora dos limites de controlo quando na verdade o processo se encontra sob controlo estatístico (falso alarme) e o número de amostras decorridas até que a carta de controlo sinalize uma alteração no processo.

Estes dois acontecimentos estão relacionados com a escolha dos limites de controlo, mais concretamente à distância entre os limites de controlo e a linha central. Quando mais distanciados estiverem os limites de controlo da linha central, menor será a probabilidade de ocorrer um falso alarme, ou seja, de a carta sinalizar uma situação de fora de controlo quando na verdade o processo se encontra sob controlo estatístico. Da mesma forma, quanto maior for a distância dos limites de controlo à linha central, maior será a probabilidade de o processo se encontrar fora de controlo estatístico e ainda assim a carta não detetar essa alteração.

A estes dois acontecimentos dá-se o nome de erro do tipo I e erro do tipo II. O erro do tipo I refere-se à probabilidade de um ponto cair fora dos limites de controlo mais ainda assim o processo estar sob controlo estatístico. O Erro do tipo II refere-se à probabilidade de um ponto dentro dos limites de controlo não ter sido gerado pela distribuição que caracteriza o processo, ou seja, o processo estar fora de controlo estatístico e assumir-se o contrário (Montgomery, 2009).

O *Average Run Length* (ARL) é o número médio de pontos existentes no gráfico até um deles cair fora dos limites de controlo. Seja α a probabilidade de um ponto cair fora dos limites de controlo. Desta forma, o ARL calcula-se:

$$ARL = \frac{1}{\alpha} \quad (2.6)$$

Para a carta de controlo de Shewhart em que os limites de controlo estão distanciados três desvios padrões da linha central, a probabilidade de um ponto se situar fora dos limites de controlo é $\alpha = 0,0027$. Desta forma, considerando que o processo se encontra sob controlo estatístico (Pereira e Requeijo, 2012):

$$ARL_{EmControlo} = \frac{1}{0,0027} \approx 370 \quad (2.7)$$

Isto significa que em média tem-se um ponto a cair fora dos limites de controlo a cada 370 pontos, não obstante de o processo se encontrar sob controlo estatístico. Este ponto a cair fora, embora sinalize uma situação de fora de controlo é na verdade um falso alarme. Posto isto, é desejável que quando o processo se encontra sob controlo estatístico, o $ARL_{EmControlo}$ seja o maior valor possível (Montgomery, 2009).

A probabilidade de erro do tipo II, β , está relacionada com o $ARL_{Fora de Controlo}$, da seguinte forma:

$$ARL_{Fora de Controlo} = \frac{1}{1-\beta} \quad (2.8)$$

E representa o número médio de pontos até a carta sinalizar a situação de fora de controlo quando o processo se encontra fora de controlo estatístico.

2.7.5 Recolha de Dados

A recolha dos dados é um passo indispensável na construção das cartas de controlo e se não for convenientemente realizada pode levar a que as conclusões retiradas com a sua utilização sejam inválidas (Pereira e Requeijo, 2012).

Uma ideia fundamental associada ao uso das cartas de controlo é o de subgrupos racionais. O conceito de subgrupo racional prende-se com a ideia de que as amostras devem ser seleccionadas com o objetivo de se o processo estiver a sofrer algum tipo de causa especial, as hipóteses de estas serem detetadas entre

a recolha de amostras seja maximizado, enquanto se procura que os elementos da amostra sejam os mais homogéneos entre si.

Existem duas abordagens diferentes associadas à construção de subgrupos racionais. A lógica do tempo está na base da formação dos subgrupos racionais.

Numa primeira abordagem, as amostras são constituídas por unidades produzidas em instantes de tempo muito próximos, ou mesmo consecutivos. Esta abordagem reduz a probabilidade de haver diferenças entre as unidades da amostra devido a causas especiais de variação, ao mesmo tempo que maximiza a probabilidade da deteção de causas especiais entre as amostras. Esta abordagem, segundo Montgomery (2009) e Pereira e Requeijo (2012), permite obter uma melhor estimativa do desvio padrão quando se está a construir cartas com recurso a variáveis contínuas.

Noutra abordagem, pretende-se que as amostras recolhidas sejam representativas de todas as unidades produzidas desde que foi realizada a última recolha de amostras. Este método é utilizado quando se pretende-se decidir se se aceita, ou não, todas as unidades produzidas deste o momento da última recolha de amostras. Para tal, seleciona-se um número de unidades de entre todas as unidades produzidas. Montgomery (2009) afirma que se um processo passar de um estado de fora de controlo para em controlo entre a recolha de amostras, da perspetiva da primeira abordagem, o segundo método se revela mais eficaz a detetar que houve alteração do que a primeira abordagem.

2.7.6 Dimensão da Amostra

Quando se pretende construir uma carta de controlo é necessário ter especial atenção à dimensão das amostras e à frequência da amostragem que se vai utilizar.

Em relação à dimensão da amostra, deve-se ter em mente a dimensão da alteração que se pretende detetar no momento da recolha da amostra: amostras de maiores dimensões facilitarão a deteção de pequenas alterações. Se por outro lado, a alteração que se pretende detetar é relativamente grande, em princípio amostras de pequena dimensão servirão para o efeito (Montgomery, 2009). Na carta de controlo de variáveis é habitual, à luz do Teorema do Limite Central, que a dimensão das amostras seja de 4 ou 5 unidades. Ainda assim, é conveniente

que quando possível se aumente o tamanho da amostra para melhor detetar pequenas alterações nos parâmetros do processo. Nas cartas de controlo de atributos, Pereira e Requeijo (2012) refere que a dimensão da amostra irá variar em função dos parâmetros da distribuição. No entanto, convém que as amostras para a construção da carta de atributos sejam superiores a cinquenta unidades (Juran e Godfrey, 1999).

A frequência da amostragem terá de ser realizada de modo a que se consiga detetar eventuais alterações no processo. Numa fase inicial do controlo estatístico, convém retirar amostras frequentemente, em intervalos curtos e regulares, para detetar mais rapidamente alterações no processo, quando essas alterações existirem. Numa fase em que se considere o processo sob controlo estatístico, a frequência de amostragem pode diminuir (Pereira e Requeijo, 2012).

2.7.7 Regras para Detecção de Padrões não Aleatórios

Para além dos pontos fora dos limites de controlo, há outros aspetos que podem indicar que o processo se encontra fora de controlo estatístico. Quando se observa uma carta de controlo, é necessário ter em atenção a existência, ou não, de padrões não aleatórios na sequência dos pontos. Em 1959 foram publicadas oito regras no Western Electric Handbook que ajudam na deteção de padrões não aleatórios nas cartas. Ao longo dos anos estas oito regras não sofreram alterações concretas, acabando estas por ser incluídas na norma ISO 8258:1991 (Pereira e Requeijo, 2012):

- Regra 1: Um qualquer ponto fora dos limites de ação (limites $\pm 3\sigma$);
- Regra 2: Nove pontos consecutivos nas zonas C da carta de controlo ou do mesmo lado da linha central;
- Regra 3: Seis pontos consecutivos em sentido ascendente ou descendente;
- Regra 4: Catorze pontos consecutivos crescendo e decrescendo alternadamente;
- Regra 5: Dois de três pontos consecutivos na zona A, ou além desta, do mesmo lado da linha central;
- Regra 6: Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou A, ou além destas zonas, do mesmo lado da linha central;
- Regra 7: Quinze pontos consecutivos na zona C da carta;

- Regra 8: Oito pontos consecutivos de ambos os lados da linha central, sem nenhum na zona C.

A aplicação destas regras às cartas de controlo parte do princípio que os limites de controlo da carta encontram-se distanciados três sigma da linha central. A área entre o LSC e o LIC está dividida em 6 áreas iguais, três a cima e três abaixo da linha central, com uma largura equivalente de um sigma. O LSC até ao LIC as áreas designa-se por ABCCBA.

2.7.8 Tipos de Cartas de Controlo

Dependendo da característica da qualidade que se pretende estudar o tipo de carta de controlo que se irá construir. Existem dois tipos de cartas de controlo: as cartas de controlo variáveis e as cartas de controlo de atributos.

As cartas de controlo de variáveis são usadas quando a característica da qualidade em estudo apresenta características individuais passíveis de ser medidas numa escala contínua, por exemplo a altura, peso, temperatura entre outras (Juran e Godfrey, 1999). As cartas de controlo de atributos são utilizadas quando se refere a, por exemplo, características duais, conforme ou não conforme, ou, por outro lado, quando se trata de valores discretos, por exemplo o número de defeitos por unidade. As cartas de controlo de atributos não são tão informativas como as cartas de controlo de variáveis porque normalmente há mais informação contida quando se está a usar uma escala de medição contínua do que simplesmente classificar uma unidade como conforme ou não conforme (Montgomery, 2009). Não obstante, as cartas de controlo de atributos podem ter particular interesse quando aplicadas por exemplo ao sector dos serviços.

Na tabela 2.1 é possível observar os tipos de cartas de controlo disponíveis dentro das cartas de controlo de variáveis e de atributos:

Tabela 2.1 Tipos de Cartas de Controle 1 (Adaptado de (Pereira e Requeijo, 2012))

CARTAS DE CONTROLO	
Variáveis	Atributos
Média e Amplitude Carta \bar{X} e Carta R	Proporção de Unidades não conformes Carta p
Média e Desvio Padrão Carta \bar{X} e Carta S	Número de unidades não conformes Carta np
Média e Variância Carta \bar{X} e Carta S^2	Número de defeitos Carta c
Mediana e Amplitude Carta \tilde{X} e Carta R	Número de defeitos por unidades Carta u
Observações Individuais e Amplitudes Moveis Carta X e Carta MR	

2.7.9 Carta de Controle de Atributos

Existem muitos processos em que os dados recolhidos não podem ser disposto numa escala contínua, por exemplo o número de peças defeituosas produzidas, ou o número de chamadas não atendidas num *Call Center*. Estas características são consideradas como sendo atributos, e como no caso das variáveis contínuas, as variáveis discretas baseadas em atributos também são passíveis de serem monitorizadas por cartas de controlo (Duran e Albin, 2009; Topalidou e Psarakis, 2009).

As cartas de controlo de atributos mais conhecidas são baseadas em duas distribuições discretas diferentes: as Cartas p e np são baseadas na distribuição Binomial, as Cartas c e u são baseadas na distribuição de *Poisson*.

Os dados considerados na construção das Cartas p e np seguem uma distribuição Binomial: sequência de n variáveis independentes de *Bernoulli*, ou seja, que só podem tomar dois valores, ou ter dois estados, neste caso, os estados correspondem a conforme e não-conforme.

2.7.10 Carta p Tradicional

A Carta de Controlo da Produção não Conforme – Carta p é utilizada quando se pretende controlar a proporção da produção que é não conforme (Pereira e Requeijo, 2012). Esta proporção de unidades não conformes é baseada no rácio entre o número de unidades que se considerem não conformes, com base na característica da qualidade em estudo, e o número de unidades da amostra utilizada (Montgomery, 2009).

Normalmente os parâmetros do processo não são conhecidos e é necessário estimá-los. Para tal, recorre-se ao histórico de dados disponíveis para proceder à construção da Fase I do controlo estatístico. A Fase I é uma fase retrospectiva, em que com base no histórico de dados se constrói uma carta de controlo com o objetivo determinar as características do processo sob controlo estatístico e calcular a capacidade do mesmo de produzir segundo determinadas especificações (Borrór e Champ, 2001).

Na construção da Carta p os métodos e as equações que estão na sua base podem ser separadas em dois tipos, com base nas características das amostras recolhidas. As amostras recolhidas podem ter dimensão constante, ou ser de dimensão variável. As amostras de dimensão constante correspondem a situações em que o intervalo de tempo entre a recolha é constante e a dimensão da amostra também o é por opção. Noutras situações, que podem depender do tipo de processo, do método como os dados são recolhidos, as amostras tem dimensões variáveis. Este tipo de situação pode ser proporcionado pelos avanços na tecnologia que em muitos casos permitem recolher dados sobre o total da população produzida em intervalos de tempo consecutivos (Joeques e Pimentel Barbosa, 2013).

De uma forma geral a proporção de unidades não conformes é calculada da seguinte forma:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (2.9)$$

Em que d_i corresponde ao número de unidades não conformes da amostra i e n_i corresponde ao número de unidades da amostra n_i .

2.7.10.1 Dimensão da Amostra Constante

Caso a dimensão da amostra seja constante, a equação 2.9 pode ser simplificada e o cálculo passar a ser feito com recurso à equação 2.10 (Pereira e Requeijo, 2012):

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m} \quad (2.10)$$

Em que p_i corresponde à proporção de unidades não conformes da amostra i e m corresponde ao número total de amostras. A proporção de unidades não conforme é utilizada para o cálculo dos limites de controlo e da linha central da Carta p.

$$LSC_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.11)$$

$$LC_p = \bar{p} \quad (2.12)$$

$$LSC_p = \max\left(0; \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}\right) \quad (2.13)$$

No caso o valor para o limite inferior de controlo ser negativo, o valor adotado deve ser zero.

2.7.10.2 Dimensão da Amostra Variável

Em alguns casos a dimensão da amostra utilizada corresponde à população total de unidades produzidas durante um determinado período de tempo, ou não é prático recolher amostras sempre com a mesma dimensão. Para estes casos são apresentados em seguida três abordagens diferentes para a construção da Carta p (Montgomery, 2009):

- Carta p com limites de controlo variáveis:

Os limites de controlo neste caso vão depender do tamanho da amostra e do parâmetro \bar{p} neste caso, porque se está a considerar a Fase I. A diferença desta abordagem para a anterior reside no uso do valor de n_i variável em função da amostra i .

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{N} \quad (2.14)$$

$$LSC_{p_i} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (2.15)$$

$$LC_p = \bar{p} \quad (2.16)$$

$$LSC_{p_i} = \max\left(0; \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}\right) \quad (2.17)$$

Neste caso em particular, como os limites de controlo são variáveis, a aplicação das regras para detecção de padrões não aleatórios fica reduzida apenas à Regra 1, Regra 2, Regra 3 e Regra 4, por as zonas A, B e C para esta carta não terem uma área constante (Pereira e Requeijo, 2012).

- Carta p com limites de controlo baseados na média da dimensão da amostra

A construção desta carta baseia-se na média da dimensão das amostras utilizadas. Desta forma, a Carta p terá limites de controlo fixos. Para este método ser viável é necessário que a dimensão individual das amostras não difiram substancialmente da média da dimensão das amostras. Pereira e Requeijo (2012) refere que a dimensão individual das amostras deve estar compreendido no intervalo $[0.75\bar{n}; 1.25\bar{n}]$ e caso não se verifique esta relação, limites de controlo individuais deverão ser calculados para a amostra. Montgomery (2009) refere que caso um ponto se situe muito próximo dos limites de controlo, por precaução se deve também calcular os limites de controlo individuais para a amostra.

A média da dimensão da amostra, linha central e limites de controlo na Fase I são respetivamente calculados com recursos as equações 2.18, 2.19, 2.20 e 2.21:

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{m} \quad (2.18)$$

$$LSC_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \quad (2.19)$$

$$LC_p = \bar{p} \quad (2.20)$$

$$LIC_p = \max\left(0; \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}\right) \quad (2.21)$$

Pereira e Requeijo (2012) voltam a referir que para este tipo de Carta a aplicação das regras para detecção de padrões não aleatórios fica condicionada apenas à aplicação das Regras 1, 2,3 e 4.

- Carta p com a variável normalizada

Para a construção deste tipo de carta Z_p é necessário primeiro normalizar a variável p com recurso à equação 2.22 (Pereira e Requeijo, 2012):

$$(Z_p)_i = \frac{p_i - \bar{p}}{\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}} \quad (2.22)$$

Os limites de controlo para a carta Z_p situam-se a 3 e -3 e linha central corresponde ao valor 0.

Neste caso é possível aplicar todas as regras para deteção de padrões não aleatórios.

$$LSC = 3 \quad (2.23)$$

$$LC = 0 \quad (2.24)$$

$$LIC = -3 \quad (2.25)$$

2.7.11 Considerações sobre a Fase I

A Carta p foi alvo de vários estudos ao longo dos anos, onde foram constatados problemas relativamente à sua performance, por exemplo. (Borror & Champ, 2001) avaliaram a performance da Carta p durante a Fase I e concluíram que a mesma sinaliza muitas situações de fora de controlo que na verdade são falsos alarmes devido à elevada probabilidade de existir um ponto fora dos limites de controlo que pertence à distribuição. Os autores afirmam ainda que os utilizadores da carta nesta fase não devem ficar surpreendidos com o elevado número de falsos alarmes durante a Fase I e que os mesmos podem vir de um processo que não se encontra necessariamente fora de controlo estatístico. Isto deve-se à aproximação da Normal pela Binomial que em muitos casos não é satisfatória. É normal que a distribuição Binomial que caracteriza os dados seja enviesada positivamente, ou seja, o gráfico de frequências característico da distribuição Binomial encontra-se desviado para a esquerda. Isto leva a que a aproximação à distribuição Normal não seja a melhor e a que o número de falsos alarmes seja elevado (Acosta-Mejia, 1999).

Em muitos casos o valor de p é relativamente pequeno e faz com que o valor do limite inferior de controlo seja igual a zero, conseqüentemente, o limite superior de controlo será relativamente pequeno, o que aumenta o número de falsos alarmes. Para tentar contrariar estes aspetos (Borror & Champ, 2001) sugerem que

o limite de controlo superior deveria ser aumentado, com base no valor pretendido para a probabilidade de um falso alarme. Ainda assim, esta relação não é fácil de decifrar porque o valor do limite superior de controlo depende dos valores de n , m e p (Borror & Champ, 2001).

2.7.11 Aproximação à Normal pela Binomial

A utilização da Carta p pressupõe a aproximação à Normal pela distribuição Binomial. A distribuição Binomial é uma distribuição discreta que com facilidade se pode aproximar à distribuição Normal. No entanto, é necessário cuidado nesta aproximação porque, há casos em que a distribuição Binomial apresentada pelos dados é enviesada e a sua aproximação à Distribuição Normal pode ficar comprometida.

O enviesamento da Distribuição Binomial deve-se ao baixo valor de p . Não há na literatura um consenso relativamente ao que é considerado um baixo valor de p , (Goh & Xie, 1994) refere o valor de $p = 0.001$, no entanto, é possível encontrar na literatura valores como 0.05 sendo apontados como baixos. Processos com estas características são referidos como sendo de “alta qualidade”.

Para contornar o problema da aproximação à Normal pela Binomial é necessário aumentar o tamanho da amostra para evitar que existam amostras sem unidades não conformes (Emura & Lin, 2015). Existem regras que permitem avaliar a possibilidade da aproximação que só dependem do valor de p e n . (Emura & Lin, 2015) fazem um levantamento de várias regras que são utilizadas para avaliar a aproximação e concluem que a regra mais utilizada na prática e referenciada na literatura - Regra C referida na tabela 2.2 - é a mais liberal e ao mesmo tempo a que tem pior desempenho a avaliar a aproximação.

Na tabela 2.2 estão as várias regras utilizadas para avaliar a aproximação da Normal pela Binomial.

Tabela 2.2 Regras para Avaliar a Aproximação da Normal pela Binomial (Adaptado de (Emura e Lin, 2015))

Regra	Condição
Regra A	$np > 10$ e $p \geq 0.1$
Regra B	$np > 15$
Regra C – Regra mais comum	$np > 5$ e $n(1 - p) > 5$
Regra D	$np > 10$ e $n(1 - p) > 10$
Regra E	$np(1 - p) > 9$

No estudo apresentado Emura e Lin (2015) concluem que a Regra A e B são as que melhor permitem avaliar a aproximação da Normal pela Binomial.

2.7.12 Fase II – Carta p

Pelos vários motivos apresentados nos pontos anteriores, a utilização da Carta p na fase de monitorização do processo é desaconselhada para processos em que o valor do parâmetro seja relativamente baixo.

No entanto, a literatura referente a este tema é prolífera e há várias alternativas ao uso da Carta p para a monitorização da proporção não conforme. Ainda assim, caso a Carta p seja a única alternativa a usar para a fase de monitorização, as equações necessárias são iguais às apresentadas em pontos anteriores para a Fase I, com a exceção de que o valor de p estimado quando o processo se considera sob controlo estatístico é o valor a ser usado no cálculo dos respectivos limites e linha central.

2.7.13 Cartas CUSUM

As Cartas de Controlo de Shewhart são boas a detetar grandes alterações nos parâmetros do processo, mas não têm um bom desempenho a detetar pequenas alterações nos parâmetros do processo (Gan, 1993). Isto deve-se ao facto de as cartas de controlo de Shewhart apenas considerarem a última informação disponível para a sua construção e ignorarem os outros pontos que já foram adicionados ao gráfico. Por este motivo, é necessário encontrar alternativas as cartas de Shewhart para detetar pequenas alterações nos parâmetros dos processos.

Em 1954, Page introduziu o a carta das somas acumuladas (CUSUM) que difere, entre outros aspetos, na inclusão de informação relativa aos pontos anteriores na determinação do valor do novo ponto a ser incluído na carta CUSUM (Page, 1954). Desde então, a carta CUSUM tem sido modificada na sua construção para se adaptar a várias situações. Pereira e Requeijo (2012) oferecem uma lista de vários tipos de cartas CUSUM para a fase de monitorização dos parâmetros de média e da dispersão do processo para variáveis contínuas.

A Carta CUSUM apresenta duas estatísticas que vão evoluindo ao longo do tempo baseada nas diferenças entre os valores do parâmetro que se está a calcular e um valor pré-determinado para a construção da carta. A estatística T_t devolve o valor a ser incluindo na carta quando a diferença é positiva, e a estatística C_t devolve o valor a ser incluído na carta quando a diferença é negativa, como está representado nas equações 2.26 e 2.27 respetivamente.

$$T_t = \max(0, T_{t-1} + (w_t + k)) \quad (2.26)$$

$$C_t = \min(0, C_{t-1} + (w_t - k)) \quad (2.27)$$

Em que:

$$T_0 = 0 \quad (2.28)$$

$$C_0 = 0 \quad (2.29)$$

$$w_t = \frac{\bar{x}_t - \mu}{\sigma_{\bar{x}}} \quad (2.30)$$

$$\Delta = \delta \sigma_{\bar{x}} \quad (2.31)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \quad (2.32)$$

$$k = \frac{\delta}{2} \quad (2.33)$$

(Zulema Lopes Pereira & José Gomes Requeijo, 2012) apresentam um procedimento para a construção da Carta CUSUM:

1. *Selecionar um valor aceitável para $ARL_{Em\ controlo}$:*

2. Decidir a menor alteração do parâmetro do processo para o qual se pretende detetar a alteração;
3. Selecionar o menor valor de k que conduz ao menor valor de $ARL_{\text{Fora de Controlo}}$ para o valor da alteração do parâmetro selecionado;
4. Determinar o valor do parâmetro h , correspondente ao valor de $ARL_{\text{Em de Controlo}}$ definido;
5. Proceder a uma análise de sensibilidade, através da comparação entre o valor de $ARL_{\text{Fora de Controlo}}$ e (h,k) , ou para outro par de valores destes parâmetros;
6. Selecionar a carta CUSUM que apresentar o menor $ARL_{\text{Fora de Controlo}}$. Caso o valor de $ARL_{\text{Fora de Controlo}}$ não for suficientemente pequeno, considerar um aumento da dimensão da amostra.

Desta forma, a carta CUSUM terá dois limites, inferiores e superiores corresponde ao valor $(-h; h)$, que se obtém com recurso a ábacos. Quando o valor de T_t e C_t ultrapassar superiormente, ou inferiormente o valor de h , o processo encontra-se fora de controlo estatístico.

2.7.14 Cartas CUSUM unilateral para atributos

Para o controlo de variáveis discretas como o número de unidades não conformes, tem mais interesse controlar alterações positivas do parâmetro do processo. Desta forma (Gan, 1993) introduz a Carta CUSUM unilateral para dados com distribuições Binomiais.

A equação 2.34 permite calcular o valor dos pontos a serem incluídos na Carta CUSUM:

$$S_t = \max(0, S_{t-1} + X_t - k), t = 1, 2, 3, \dots \quad (2.34)$$

Os pontos são dispostos na Carta e a situação de fora de controlo estatístico é sinalizada quando o valor de S_t ultrapassa um valor H previamente calculado.

O procedimento recomendado para a construção da Carta CUSUM para dados Binomiais é o seguinte (Gan, 1993):

1. Determinar o valor de p com o processo sob controlo estatístico, e escolher um valor de p_1 para o qual se pretende que seja detectada a situação de fora de controlo estatístico;

2. Decidir o valor de ARL que se pretende e dimensionar a amostra a recolher;
3. Através da informação recolhida em 1. e 2. (n, p e p_1) determinar o melhor valor de k através da equação 2.35;
4. Baseado no valor de k obtido em 3., determinar o valor de H tal que a carta CUSUM obtida tenha o ARL mais próximo do pretendido em 1.

O cálculo para o valor de k é exposto na equação 2.35 (Gan, 1993):

$$k = \frac{n \cdot \ln\left(\frac{1-p_0}{1-p_1}\right)}{\ln((1-p_0)/(1-p_1)) - \ln(p_0/p_1)} \quad (2.35)$$

Para a determinação do parâmetro H recorre-se aos ábacos disponíveis em Gan (1992, 1991) conjugando o valor de k e o valor de ARL pretendido, para um determinado valor de p_0 .

2.7.15 Capacidade do Processo

Compreender a estrutura de um processo e quantificar o seu desempenho são sem dúvida essenciais para a melhoria da qualidade de um qualquer processo (Wu et al., 2009). Quando se considerar que o processo está sob controlo estatístico, e livre de causas especiais de variação, é do interesse da organização estudar a capacidade do processo. Um processo pode encontrar-se sob controlo estatístico mas ainda assim não estar a produzir dentro das especificações técnicas estabelecidas para o output.

A análise da capacidade do processo passa por comparar a distribuição estatística que caracteriza uma determinada característica com as especificações técnicas estabelecidas (Pereira e Requeijo, 2012).

A relação entre o desempenho do processo e os limites da especificação técnica podem ser quantificados através de índices de capacidade do processo. Os índices de capacidade do processo estabelecem uma relação numérica entre o processo e as especificações técnicas, a sua adequabilidade para produzir dentro das tolerâncias estabelecidas (Wu et al., 2009).

O primeiro índice de capacidade a ser desenvolvido foi o índice C_p introduzido por Juran. O índice C_p considera a variabilidade associada ao processo com o intervalo da especificação, dando informações sobre a precisão do processo (Wu et al., 2009). O índice C_p só se aplica a especificações bilaterais e calcula-se com recurso à equação 2.36:

$$C_p = \frac{LSE-LIE}{6\sigma} \quad (2.36)$$

O índice C_p permite comparar a dispersão total do processo com o intervalo de especificação, no entanto não fornece informação referente à localização do processo. O índice C_{pk} compara o intervalo da especificação com o parâmetro de localização do processo da seguinte forma:

$$C_{pk} = \min\left((C_{pk})_S, (C_{pk})_I\right) \quad (2.37)$$

Com,

$$(C_{pk})_S = \frac{LSE-\mu}{3\sigma} \quad (2.38)$$

$$(C_{pk})_I = \frac{\mu-LIE}{3\sigma} \quad (2.39)$$

Nos casos em que os valores dos índices C_{pk} são iguais, pode-se afirmar que processos se encontra centrado relativamente à especificação técnica. Quando estes valores diferem, o processo não se encontra centrado.

Os dois fatores C_p e C_{pk} não reflectem o desvio do valor médio em relação ao valor nominal da especificação técnica. Taguchi e Hsiang (1985) introduziram o índice C_{pm} . Este índice é utilizado para medir a capacidade do processo para produzir ao redor do valor nominal (T). Para o cálculo deste índice recorre-se à equação 2.40:

$$C_{pm} = \frac{LSE-LIE}{6\sqrt{\sigma^2+(\mu-T)^2}} \quad (2.40)$$

À semelhança do índice C_{pk} , Pearn et al. (1992) introduziram o índice C_{pmk} que pode ser calculado com recurso à equação 2.41:

$$C_{pmk} = \min\left((C_{pmk})_S, (C_{pmk})_I\right) \quad (2.41)$$

Em que,

$$(C_{pmk})_S = \frac{LSE-\mu}{3\sqrt{\sigma^2+(\mu-T)^2}} \quad (2.42)$$

$$(C_{pmk})_I = \frac{\mu-LIE}{3\sqrt{\sigma^2+(\mu-T)^2}} \quad (2.43)$$

Na tabela 2.3 estão os valores mínimos propostos por (Montgomery, 2009) para os índices de capacidade do processo:

Tabela 2.3 - Valores dos Índices (Adaptado de (Montgomery, 2009))

	Especificação Bilateral	Especificação Unilateral
Processos Existentes	1.33	1.25
Novos Processos	1.50	1.45
Parâmetros de Segurança, Resistência ou Críticas em Processos Existentes	1.50	1.45
Parâmetros de Segurança, Resistência ou Críticas em Processos Novos	1.67	1.60

(Wu, Pearn, & Kotz, 2009) refere no seu estudo que os índices apresentados são exclusivamente para monitorizar a performance de processos normalmente distribuídos. Com outras distribuições que não a Normal, ou que apresentem assimetrias, o uso dos índices apresentados pode levar a conclusões erradas.

3

Caso de Estudo

3.1 Introdução

No presente capítulo é feita a caracterização da Financeira e do *Call Center* e perceber como a atividade das duas entidades se relaciona, o processo de atendimento de uma chamada na área de Atendimento ao Cliente, e as práticas relativas à avaliação da qualidade do serviço.

Posteriormente serão aplicadas as metodologias abordadas no Capítulo 2, tendo como base o *call center*. Numa fase inicial, pretendia-se estudar três características da qualidade: “Tempo de Atendimento”, “Tempo de Espera” e “Proporção de Chamadas não atendidas”. Devido a impossibilidades tecnológicas na recolha dos dados, o estudo das características da qualidade “Tempo de Atendimento” e “Tempo de Espera” ficou comprometido pelo que no presente Capítulo apenas foi estudada a “Proporção de Chamadas não atendidas”.

3.2 Financeira

A área de negócio da Financeira é principalmente a concessão de crédito a particulares e empresas, contabilizando-se um total de nove produtos diferentes, sendo que os produtos relacionados com o crédito automóvel são os principais e mais rentáveis na atividade. Para efeitos de confidencialidade, o nome da Financeira e outras informações relacionadas com a atividade não serão discriminados.

3.3 Organização

A estrutura da Financeira encontra-se dividida em vários departamentos com responsabilidades distintas, num total de seis Direções distintas, com destaque para a Direção 1 que se relaciona com a operativa da Financeira.

3.4 Direção 1.

A Direção 1 encontra-se dividida em vários departamentos com atividades distintas mas que comunicam entre si nas trocas de informação. No que às operações diz respeito, as atividades realizadas passam pela receção e confirmação de contratos, tesouraria, atendimento ao cliente e atividades de *back-office*. As tarefas são ainda divididas com o *call center*, embora estas tarefas tenham um tempo de ciclo mais curto e não exijam tantos conhecimentos como as realizadas na Direção 1. As tarefas realizadas no *call center* passam pela introdução de dados de propostas em *software* específico, apoio às equipas comerciais, apoio ao cliente e outros processos de *back-office* mais simples do que os realizados na sede.

As atividades relacionadas com Controlo Operacional e Tecnologia passam por avaliar o risco operacional e tecnológico das atividades da Financeira, tratamento de reclamações, elaboração de modelos de capacidade com informação relativa aos volumes de trabalho realizados na Direção 1 e apuramento da performance do *call center* nas atividades que à Financeira dizem respeito.

Os relatórios com informação relacionada com a atividade do *call center* são elaborados com uma periodicidade mensal e dizem respeito a vários fatores:

- Volume de trabalho das atividades de *back-office*;
- Duração das chamadas nas áreas que prestam apoio ao cliente;
- Cálculo dos níveis de serviço contratados para as várias áreas.

A informação utilizada na elaboração dos relatórios é fornecida pelo próprio *call center* à Financeira com periodicidade mensal.

3.5 O Call Center

O *call center* presta serviço de atendimento ao cliente e outras tarefas de *back-office* à Financeira. Entre estes existe um contrato de prestação de serviços onde

estão acordados determinados níveis de serviço para a taxa de abandono dos diferentes pilotos para os quais o *call center* presta serviço.

O *call center* está dividido em várias áreas. As várias prestam atendimento a diferentes pilotos que lhes estão atribuídos, pilotos estes que estão relacionados com os clientes dos produtos.

Na tabela 3.1 estão descritos os pilotos correspondentes às várias áreas.

Tabela 3.1 - Pilotos e Áreas Call Center

Área	Pilotos
Ap	Ap F. F.
Atendimento ao Cliente (ATC)	ATC C. PV M. C. B. ATC Pós Venda
Cap	A. I. C. M. Pós Venda M.

3.5.1 Processo de Atendimento da Área ATC

O processo de atendimento das chamadas endereçadas à área de atendimento processa-se como está descrito na figura 3.1

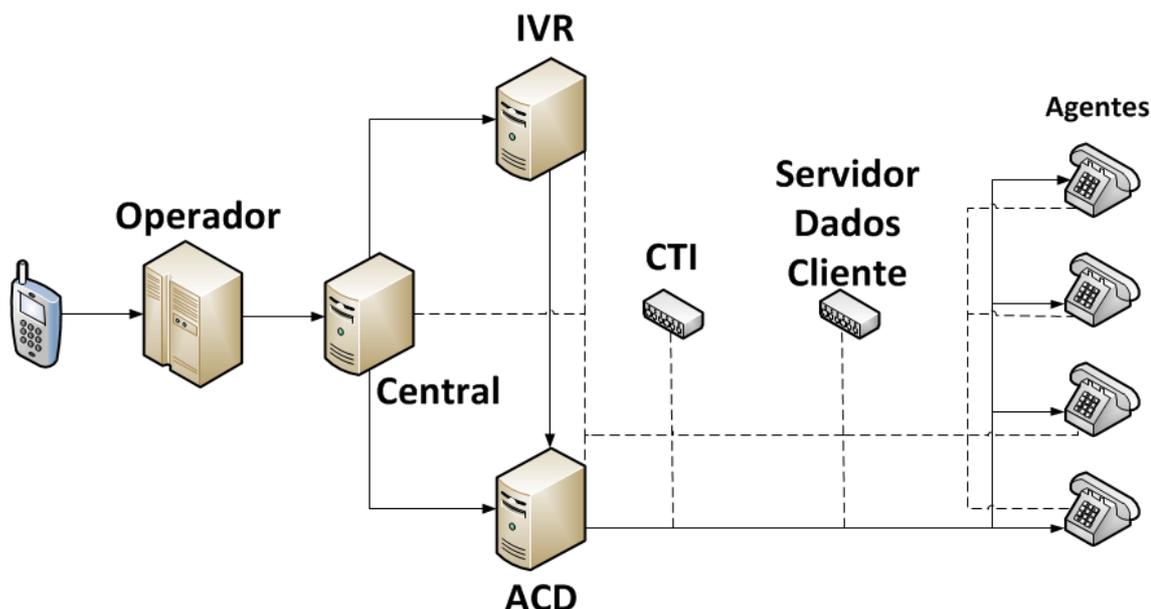


Figura 3.1 - Processo de Atendimento das Chamadas na área do ATC

Sucintamente:

- 1 O cliente utiliza um dos números disponíveis para contactar a área de apoio ao cliente;
- 2 A chamada é reencaminhada pela operadora até à central telefónica que se encontra no *Call Center*;
- 3 O cliente interage com o *Interactive Voice Response*;
- 4 Se a dada altura o cliente desejar falar com um operador a chamada é reencaminhada pelo *Automatic Call Distributor (ACD)* para um agente que se encontra disponível.

Os agentes afetos ao ATC tem conhecimentos que permitem atender qualquer um dos pilotos do ATC. Não é dada a opção aos operadores de atender apenas um determinado piloto. A gestão das chamadas recebidas, e em espera, é feito pelo *software* Altitude uSupervisor que atribui as chamadas em espera, independentemente do piloto que se destinam, aos operadores que se encontrem no estado livre. Os operadores podem encontrar-se num dos seguintes estados:

- Desconectados;
- Ocupados;
- Livres.

As chamadas passam por vários estados e os seus tempos são contabilizados, o seu registo descreve-se da seguinte forma: o cliente liga para o *Call Center*,

se houver um operador livre, a chamada é atendida e o tempo de espera corresponde a zero segundos, caso contrário a chamada fica em espera até se encontrar um operador livre para a atender. O cliente pode não querer esperar mais tempo e desligar a chamada. Se o ciclo terminar aqui considera-se que a chamada foi recebida mas não foi atendida e entra para a contagem das chamadas não atendidas e o tempo de espera é contabilizado. Quando a chamada é atendida passa a estar em tratamento e o tempo é contabilizado como sendo o tempo de tratamento da chamada. Durante o tratamento, o operador pode por a chamada novamente em espera para passar a outro operador ou para verificar alguma informação.

O *call center* dispõe de licenças de *software* para a recolha de dados ao longo do processo de tratamento das chamadas. Para o caso específico da área ATC, o *software Altitude uSupervisor* recolhe dados e participa nos processos de atendimento das chamadas. Através dos dados realizados o *Altitude uSupervisor* permite a elaboração de relatórios em moldes pré-definidos, com estatísticas relevantes para a gestão.

3.5.2 Volume de Chamadas e Evolução do Nível de Serviço 2015

Atualmente, o nível de serviço contratado entre a Financeira e o *call center* é de 6.00% para o ATC. Isto significa que o rácio entre o número de chamadas não atendidas, com um tempo de espera superior a trinta segundos, e a as chamadas recebidas no ATC terá que ser menor ou igual a 0,06 ou 6,00%.

Na Tabela 3.2 é possível observar a evolução do nível de serviço ao longo do ano de 2015 e constatar que o nível de serviço não é constante e foi fortemente ultrapassado nos meses de Agosto e Setembro.

Tabela 3.2 - Níveis de serviço por meses em 2015

Mês	Nível de Serviço	Mês	Nível de Serviço
Janeiro	4.92%	Junho	4.29%
Fevereiro	11.70%	Julho	3.79%
Março	5.37%	Agosto	33.97%
Abril	10.96%	Setembro	39.47%
Maior	5.74%	Outubro	10.84%

3.6 Qualidade do Serviço – Financeira

As preocupações da Financeira relativamente à qualidade do serviço prestado pelo *call center* prendem-se essencialmente com o volume total de chamadas tratadas e a taxa de abandono. Com uma periodicidade diária, o *call center* reporta informação para a Financeira com informação relativa ao volume de chamadas tratadas por todas as áreas, e o número de chamadas não atendidas, a partir do qual a Financeira utiliza para calcular as taxas de abandono.

Com uma periodicidade mensal são trocadas entre o *call center* e a Financeira maiores quantidades de informação relativas ao serviço de atendimento das chamadas. Neste caso, as informações vão ao detalhe de cada piloto que se insere dentro de cada área, para efeitos do cálculo de vários indicadores como a taxa de abandono por cada piloto, o tempo médio de cada chamada e o tempo total de chamada.

Sem uma periodicidade específica, mas sempre que se revele necessário, colaboradores da Financeira dão sessões de formação sobre os vários produtos que a Financeira comercializa com o objetivo de dotar os colaboradores do *call center* dos conhecimentos necessários para tratar dos problemas dos clientes da Financeira.

3.7 Área Atendimento ao Cliente – ATC

O ATC é a área que concentra o maior volume de chamadas e para a qual que considerou que teria mais interesse estudar. Na figura 3.2 estão as percentagens do volume de chamadas para três áreas, nos três meses antes da recolha dos dados utilizados para a construção das cartas de controlo.

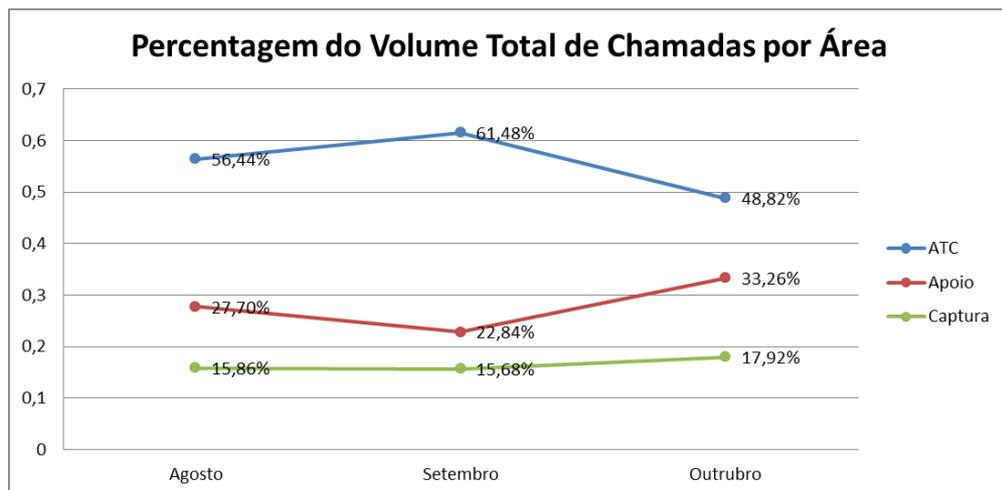


Figura 3. 2 - Percentagem de chamadas recebidas por área

Para o presente estudo apenas foram consideradas as chamadas recebidas do exterior, *inbound*, durante os dias de semana, as chamadas efetuadas pelos operadores para o exterior *outbound* não foram consideradas.

3.8 Características da Qualidade

Considerou-se que seria interessante estudar as seguintes características da qualidade:

- Chamadas não atendidas;
- Tempo de atendimento;
- Tempo de espera.

Devido a impossibilidades tecnológicas, a recolha de dados relativamente as características da qualidade "Tempo de Atendimento" e "Tempo de espera" não foram incluídos no presente estudo. Ainda assim, no capítulo 4 da presente dissertação este tema volta a ser abordado e recomendações relativamente ao estudo destas características são consideradas.

A proporção de chamadas não atendidas é uma característica da qualidade que interessa controlar pelos seguintes motivos:

- A Financeira tem contratados níveis de serviço com o *call center*. Desta forma, é do interesse das duas partes que estes níveis de serviço sejam cumpridos. O nível de serviço das chamadas não atendidas refere-se à proporção de chamadas com tempo de espera superior a trinta segundos que não foram atendidas. Atualmente o nível de serviço contratado entre as duas partes é 6,00%.

Cada chamada que chega ao *call center* tem associada uma probabilidade de não ser atendida. A variável aleatória Y - número de chamadas não atendidas, segue uma distribuição Binomial com um parâmetro p que corresponde à probabilidade de sucesso - neste caso a probabilidade de uma chamada não ser atendida, e um parâmetro n correspondente à dimensão da amostra.

3.9 Recolha dos Dados

Para a característica da qualidade “proporção de chamadas não atendidas” a recolha dos dados foi realizada com o auxílio do *software Altitude uSupervisor*. Este *software* permite a extração dos dados em formato digital para facilitar o seu tratamento. Para além desta funcionalidade, o próprio *Altitude uSupervisor* armazena dados em histórico, pelo que para a Fase I da construção da carta se recorreu ao histórico correspondente a todos os dias úteis do mês de Novembro de 2015. Desta forma, os dados foram agrupados por franja horária num total de cinco horas por amostra. As amostras, para esta característica da qualidade corresponde ao total da população. No total, para a Fase I constituíram-se quarenta e duas amostras.

Na Fase II, com o processo sob controlo estatístico, a recolha dos dados realizou-se no mesmo formato e intervalo de tempo, recorrendo ao *software Altitude uSupervisor*.

3.10 Análise dos Dados

3.10.1 Metodologia e Aplicação

Para a característica da qualidade “proporção de chamadas não atendidas” considerou-se que a melhor carta para controlar seria a Carta p . Baseado nos

desenvolvimentos apresentados no capítulo 2 e 3, definiu-se o seguinte procedimento:

- Fase 1:
 1. Construção da Carta p para controlar a proporção de chamadas não atendidas;
 2. Analisar a Carta para verificar se o processo se encontra sob controlo estatístico;
 3. Verificar a aproximação da Normal pela Binomial;
 4. Estimar os parâmetros do processo;
- Fase 2:
 1. Monitorizar o processo;

3.11 Construção e Análise das Cartas de Controlo

Antes da construção da carta de controlo analisou-se os dados com o objetivo de recolher mais informação acerca do processo. A tabela 3.3 contém informação relevante referente aos dados utilizados durante a Fase I.

Tabela 3.3 - Totais referentes aos dados recolhidos

Total de Chamadas Recebidas	Total de Chamadas Não Atendidas	Proporção de Chamadas Não Atendidas
19511	964	0,049

Com base no desenvolvimento apresentado no capítulo 2 para distribuições binomiais com valor de P relativamente pequeno, é possível afirmar que o valor da proporção de chamadas não atendidas se encontra nesse intervalo. Desta forma, há cuidados a ter quanto à constituição das amostras para que se consiga garantir uma boa aproximação à distribuição Normal pela distribuição Binomial. A Regra B exposta no capítulo 2, por ser a mais robusta das regras apresentadas, foi considerada para o cálculo da dimensão da amostra:

$$n = \frac{15}{0.049} \approx 303 \quad (3.1)$$

Portanto, para obter uma boa aproximação à normal, pela regra referida, no mínimo, as amostras terão de ter a dimensão de 303 unidades. Com base nos

dados disponíveis no Anexo A, as chamadas recebidas por hora no *call center* são aproximadamente cem por hora, portanto, os dados teriam de ser agrupados num total de três horas para respeitar a regra enunciada. No entanto, o *call center* opera um total de dez horas por dia, e para constituir amostras com três horas agrupadas iria sempre sobrar uma hora por dia. Portanto, considerou-se a hipótese de agrupar os dados por cinco horas de trabalho, perfazendo um total de 2 amostras recolhidas por dia.

Constituíram-se quarenta e duas amostras referentes aos vinte e um dias uteis do mês de Novembro.

Para construir a Carta p recorreu-se ao *software Statistica*. Introduziu-se os dados referentes aos vinte e um dias uteis do mês de Novembro, num total de quarente e duas amostras de dimensão variável, correspondentes ao número de chamadas recebidas no *call center* e ao número de chamadas não atendidas com um tempo de espera superior a trinta segundos. Na figura 3.3 é possível observar a Carta p obtida.

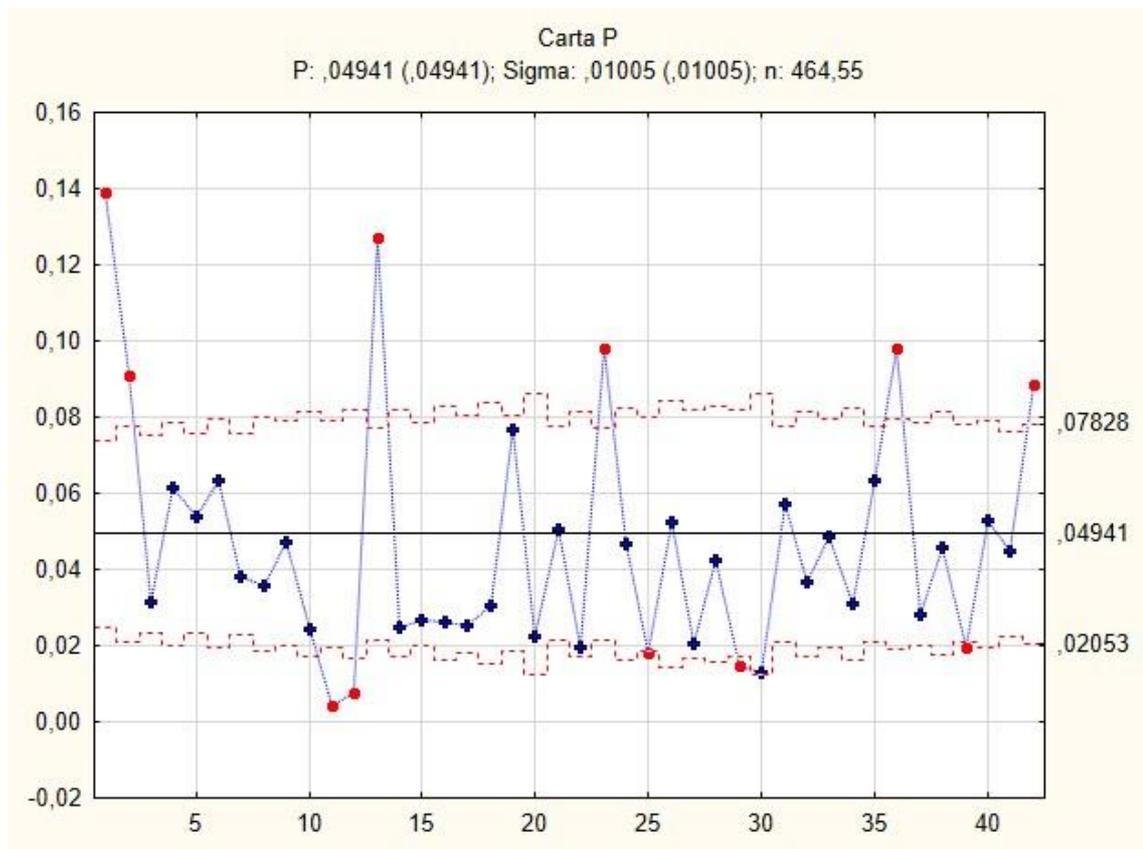


Figura 3.3 Carta p - Fase I

Pela análise da Carta p é possível verificar a existência de onze pontos fora dos limites de controlo. A tabela 3.4 contém informação referente ao número de chamadas recebidas e o número de chamadas não atendidas e a proporção de chamadas não atendidas para os pontos assinalados na Carta p.

Tabela 3.4 - Dados referentes aos pontos assinalados

Dia	Franja Horária	Chamadas Recebidas	Número de Chamadas Não atendidas	<i>p</i>
02/11/2015	09:00 – 14:00	293	41	0,140
	14:00 – 19:00	327	74	0,226
09/11/2015	09:00 – 14:00	475	2	0,004
	14:00 – 19:00	399	3	0,008
10/11/2015	09:00 – 14:00	542	69	0,127
17/11/2015	09:00 - 14:00	539	53	0.098
18/11/2015	09:00 - 14:00	445	8	0.018
20/11/2015	09:00 - 14:00	402	6	0.015
25/11/2015	14:00 - 19:00	458	45	0,098
27/11/2015	09:00 - 14:00	516	10	0,019
30/11/2015	14:00 - 19:00	507	45	0,089

Verifica-se pela análise da tabela 3.4 que a maior parte das situações de fora de controlo estatístico acontecem durante um período da manhã. As amostras correspondentes aos pontos assinalados foram retirados e construiu-se uma nova Carta p Revista visível na figura 3.4.

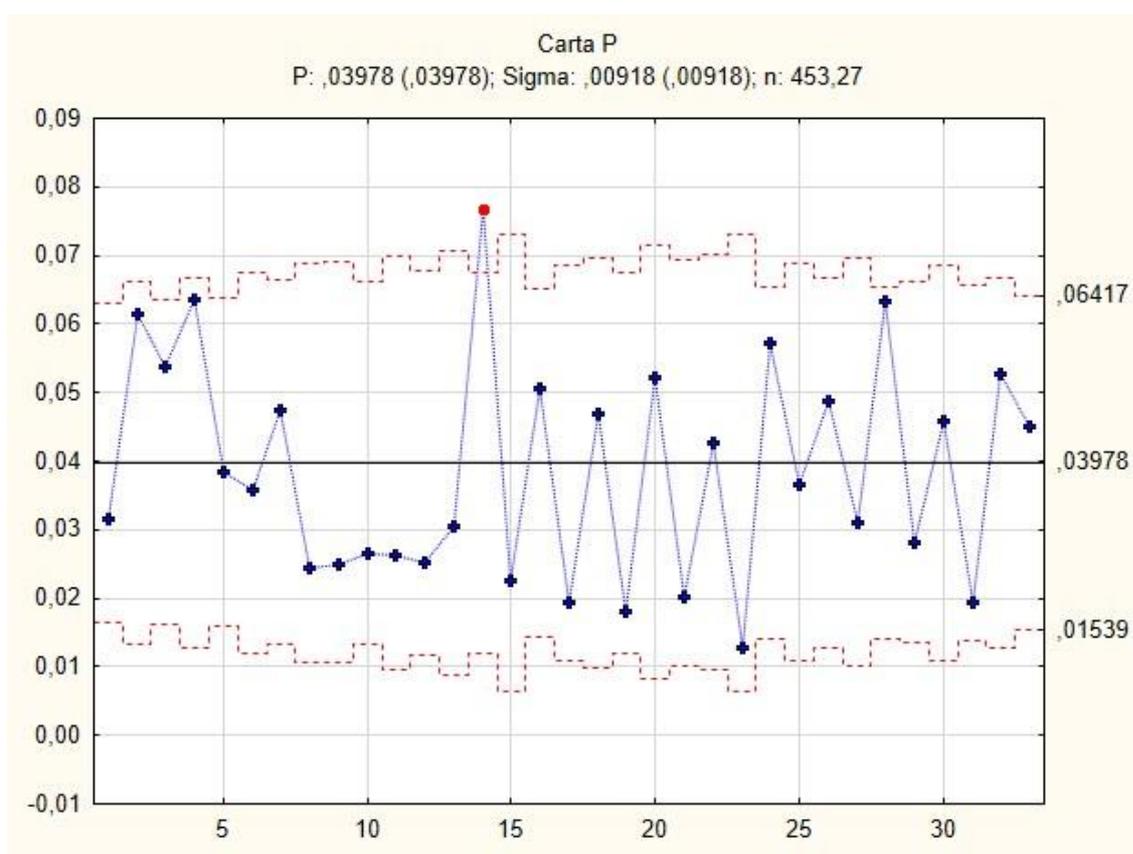


Figura 3.4 - Carta p Revista - Fase I

Na Carta p Revista está identificado um ponto como causa especial de variação. Na tabela 3.5 é possível observar os dados referentes às amostras que estão na origem das causas especiais de variação identificadas:

Tabela 3.5 - Causas especiais de variação

Dia	Franja Horária	Chamadas Recebidas	Número de Chamadas Não atendidas	<i>p</i>
13/11/2015	09:00 - 14:00	443	34	0,077

A amostra retirada pertence ao conjunto de situações de fora de controlo assinaladas que se registaram durante o período da manhã. As causas por trás

das situações de fora de controlo assinaladas foram investigadas e reunidas no Diagrama Causa-Efeito presente na figura 3.10. Retirada a amostra correspondente à causa especial identificadas construiu-se uma nova carta de controlo revista visível na figura 3.5.

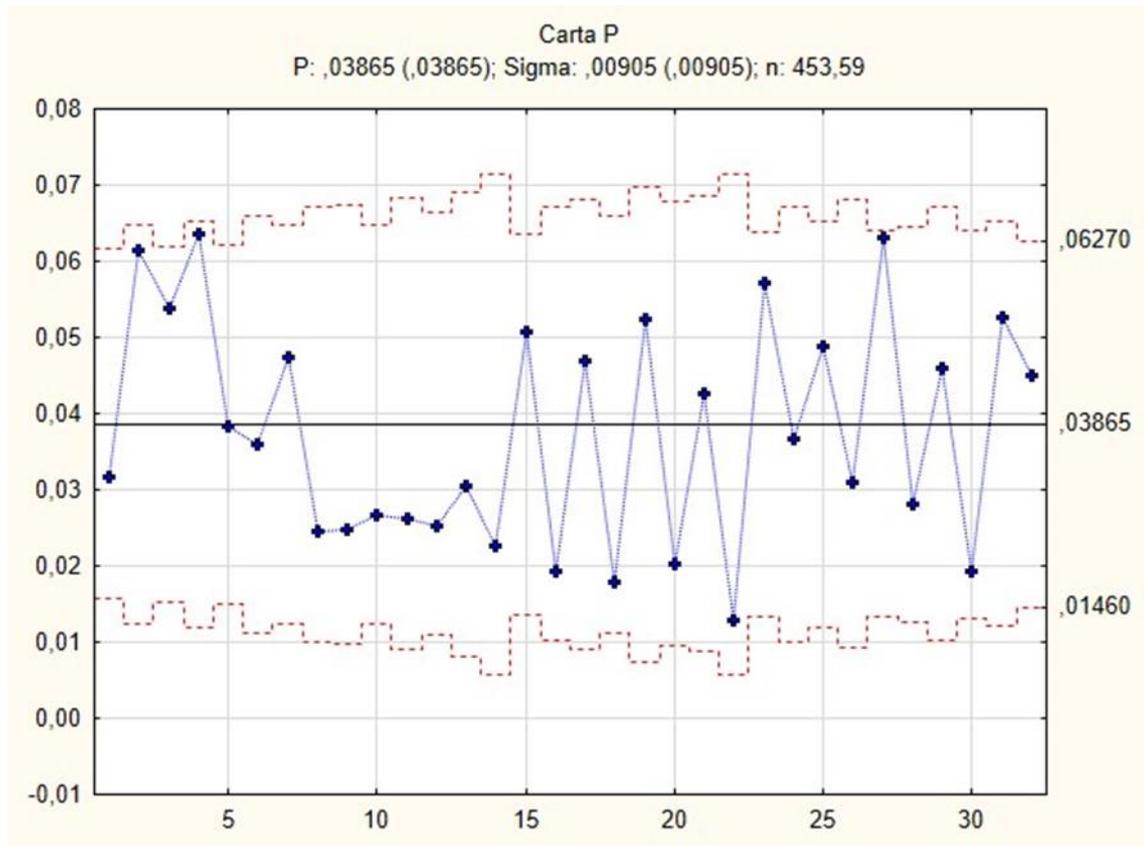


Figura 3.5 - Carta p Revista - Fase I

Nesta nova Carta p Revista é possível observar que já não existem pontos fora dos limites de controlo.

Recorrendo ao *Statistica* faz-se a análise para deteção de padrões não aleatórios adaptado neste caso para Carta p com dimensão da amostra variável visível na figura 3.6 (Pereira e Requeijo, 2012)

Teste para deteção de Padrões não aleatórios	Do ponto:	Até ao ponto:
Regra 2	OK	OK
Regra 3	OK	OK
Regra 4	12	25

Figura 3.6 - Regras para deteção de Padrões não Aleatórios - Relatório Padronizado *Statistica*.

Pela observação da figura 3.6 é possível observar que existem padrões não aleatórios detetados. A amostra número 25 é então retirada e uma nova carta de controlo é obtida e novos testes para padrões não aleatórios são exibidos nas figuras 3.7 e 3.8 respetivamente.

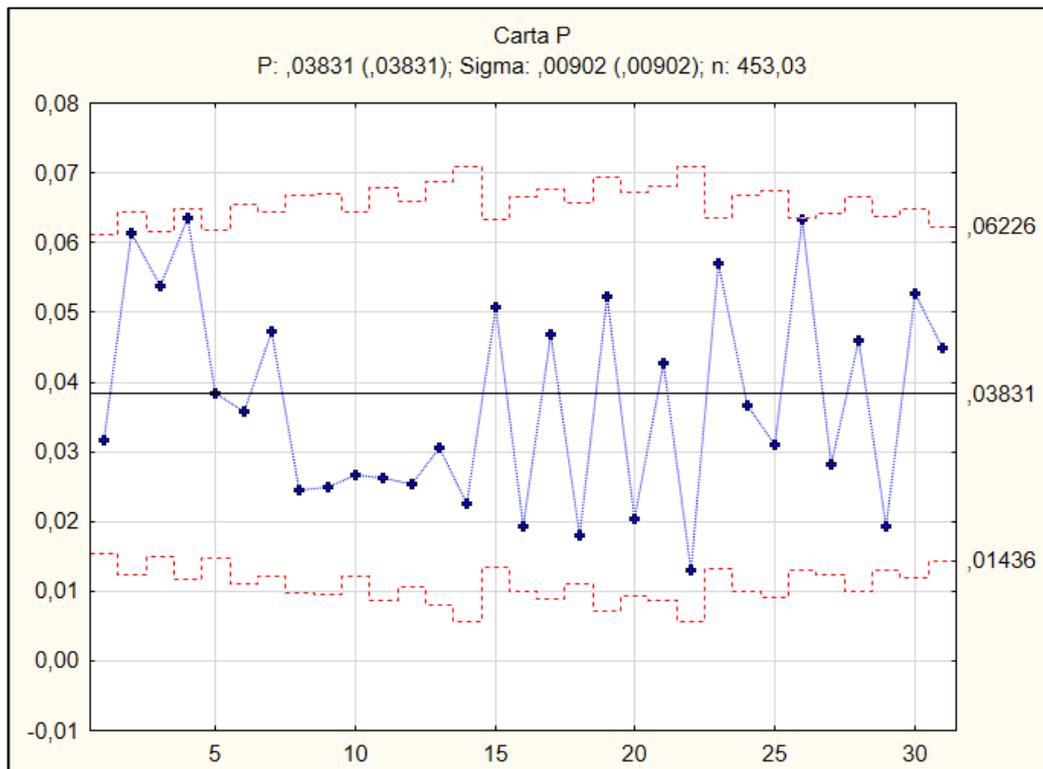


Figura 3.7 - Carta p Revista - Fase I

Teste para deteção de Padrões não aleatórios	Do ponto:	Até ao ponto:
Regra 2	OK	OK
Regra 3	OK	OK
Regra 4	OK	OK

Figura 3.8 - Regras para Deteção de Padrões não Aleatórios

3.12 Considerações sobre a Fase I

Para a construção da Carta p, na Fase I foram constituídas um total de quarenta e duas amostras, que após retiradas as amostras que indicavam uma situação de fora de controlo, resultaram num total de trinta e uma amostras. Na primeira carta de controlo exibida para a Fase I, um número considerável de amostras foram retiradas. Tendo em conta o exposto no capítulo 2, esta situação seria de esperar, no entanto, é possível observar na figura 3.3 que três amostras se situam muito próximo dos limites de controlo. Não querendo dizer explicitamente que estes pontos podem ser falsos alarmes, há no entanto essa possibilidade.

Interessa então perceber as razões que podem ter estado na origem destas situações de fora de controlo. Os possíveis motivos por detrás destas situações de fora de controlo serão apresentadas no ponto 3.16 da presente dissertação. O facto de ser impossível intervir no processo para efetuar alterações que se considerem necessárias leva a que os motivos sejam apresentados com os resultados da Fase II.

3.13 Verificação da Aproximação À Normal pela Binomial

Para avaliar a aproximação dos dados à distribuição Normal utiliza-se a Regra B tendo em conta o exposto no capítulo 2 e o ponto 3.11 do presente capítulo.

$$\bar{n}\bar{p} \geq 15 \quad (3.2)$$

$$\bar{n} = 453.0300 \quad (3.3)$$

$$\bar{p} = 0.03831 \quad (3.4)$$

$$0.03831 * 453.0300 = 17.356 (> 15) \quad (3.5)$$

Conclui-se pelo cálculo apresentado que a distribuição dos dados se aproxima da distribuição Normal.

3.14 Estimação dos Parâmetros do Processo

Com o processo sob controlo estatístico e verificado a aproximação à distribuição Normal, procedeu-se à estimação dos parâmetros do processo. A estimação dos parâmetros do parâmetro do processo pode ser realizada com recurso à

equação 2.9 do Capítulo 2. Não obstante, o *software Statistica* permite o cálculo dos parâmetros do processo pela observação da Carta p da Fase I na figura 3.7.

Neste caso o parâmetro \hat{p} pode ser estimado pelo valor:

$$\hat{p} = \bar{p} = 0,03831 \quad (3.6)$$

Com o parâmetro da distribuição calculado é possível proceder à Fase de Monitorização ou Fase II.

3.15 Proposta de Avaliação da Capacidade do processo para dados Binomiais

Na literatura consultada não foi possível encontrar índices de capacidade ligando dados binomiais e níveis de serviço. Desta forma, através de uma analogia com os índices convencionais, propõe-se uma abordagem alternativa para avaliação da capacidade do processo. Igualando a 1,25 o valor de C_{pk} unilateral é possível calcular a que percentagem fora da especificação corresponde tal valor:

$$C_{pk} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \Leftrightarrow \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \geq 1,25 \Leftrightarrow \frac{x\sigma}{3\sigma} \geq 1,25 \Leftrightarrow x \geq 3,75$$

Isto significa que quando o processo se considera capaz, para um valor de $C_{pk} \geq 1,25$, a distância entre o LSE e o valor médio μ da distribuição Normal, corresponde a $3,75\sigma$. Para a distribuição Normal Reduzida, a probabilidade de um valor ser maior ou igual a 3,75 é 0,000088.

$$P(Z \geq 3,75) = 0,000088$$

A dimensão média das amostras utilizadas na Fase I foi de 453. Para o nível de serviço contratado de 6%, o número máximo de chamadas não atendidas que podem estar presentes para se cumprir o nível de serviço é de aproximadamente 27. Para a distribuição Binomial que caracteriza o processo, a probabilidade de se obter um número de chamadas não atendidas superior a 27 é de 0,0099 ($\geq 0,000088$).

$$B(N, P) = B(453; 0,03831) \\ P(X > 27) = 0,0099$$

Conclui-se pelo raciocínio apresentado que o processo não é capaz de cumprir com o nível de serviço contratado, tendo em conta que a probabilidade de se obter um número de chamadas não atendidas superior a 27 (0.0099) é superior ao valor calculado de 0,000088, que correspondem a $C_{pk} = 1,25$.

Com o objetivo de determinar o valor do nível de serviço que o processo é atualmente capaz de garantir é necessário determinar o valor de chamadas não atendidas tal que a probabilidade à direita desse valor seja igual, ou próxima, de 0.000088.

$$B(N, P) = B(453; 0,03831)$$

$$P(X > A) = 0,000088$$

$$A = 35$$

$$\text{Nível de Serviço} = \frac{35}{453} = 7.7\%$$

Pelo raciocínio apresentado, conclui-se que o valor mínimo para o nível de serviço que processo tem capacidade para cumprir é de 7,7%.

É ainda possível calcular o valor do parâmetro p que assegura o nível de serviço de 6%. Os cálculos são iterativos porque se pretende um número máximo de chamadas não atendidas de 27, e uma probabilidade do número de chamadas ser igual ou superior a 27 de 0,000088. Na tabela 3.6 encontram-se vários valores do parâmetro p e a correspondente probabilidade à direita do valor 27.

Tabela 3.6 - Valores de P 1

N	x	p	$P(X \geq x)$	Alvo
453	27	0.0265	0,000104308	0.000088
453	27	0.0264	0,000098	0.000088
453	27	0.263	0.000092	0.000088
453	27	0.0262	0.000087	0.000088

Pela observação da tabela 3.6 verifica-se que o valor de p que permite obter uma probabilidade próxima de 0,000088 é $p = 0,0262$.

Resumindo as conclusões obtidas:

- O processo não tem capacidade para cumprir o nível de serviço acordado de 6%;
- O nível de serviço na melhor das hipóteses de 7,7%;
- Para o processo ser capaz de cumprir o nível de serviço acordado, a proporção média de chamadas não atendidas teria de ser reduzida para o valor 0,0262.

3.16 Fase II Monitorização

Após se verificar a estabilidade do processo e estimados os parâmetros do processo pode-se proceder à Fase II do controlo estatístico do processo. Para esta fase foram utilizados um catorze amostras aos primeiros sete dias uteis do mês de Dezembro de 2015.

Durante a fase de monitorização verificou-se que o processo se encontrou fora de controlo estatístico um número considerável de vezes durante o período em análise. Na figura 3.9 é possível verificar a situação exposta.

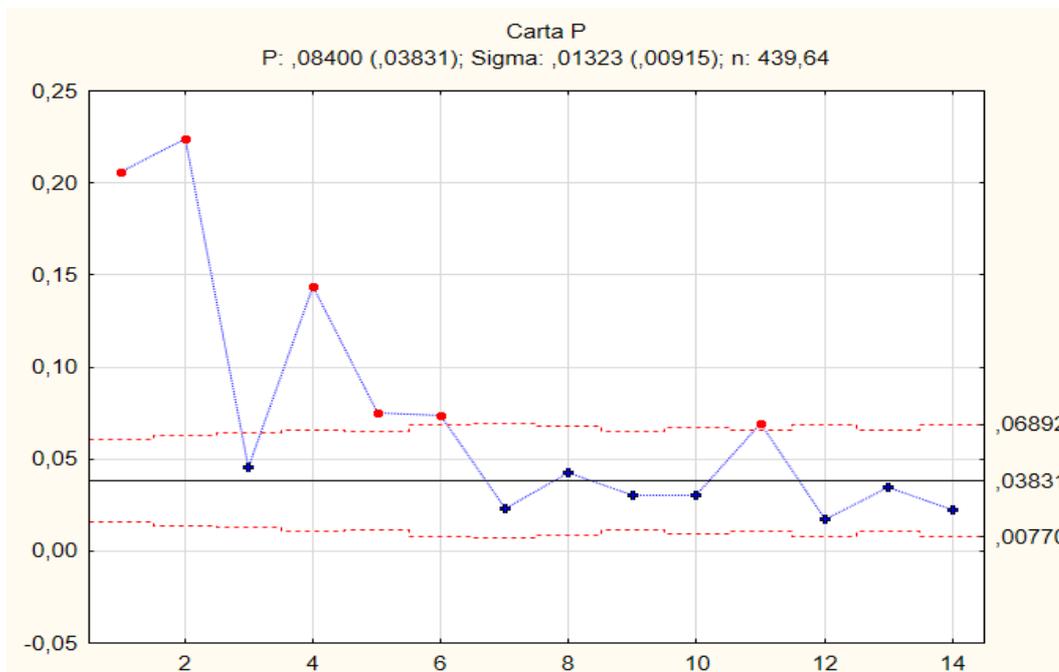


Figura 3.9 - Fase de Monitorização - Carta p

O facto da presente dissertação ter sido realizada por um colaborador da Financeira e não do *call center* impossibilita a intervenção direta no processo e também no levantamento das razões que poderão ter levado às situações de fora de controlo estatístico identificadas nos pontos da carta de controlo. Não obstante, o facto de estas terem existido e estarem documentadas leva à necessidade de as corrigir, seja pelos níveis mais baixo de gestão das equipas, como seja os *team leaders*, ou pelos níveis mais altos da gestão do *call center*.

Com o objetivo de encontrar possíveis causas para as situações assinaladas, em conjunto com colaboradores do *call center* procedeu-se a um *brainstorming* que, após organizada a informação, resultou na construção do diagrama causa-efeito que se encontra na figura 3.10.

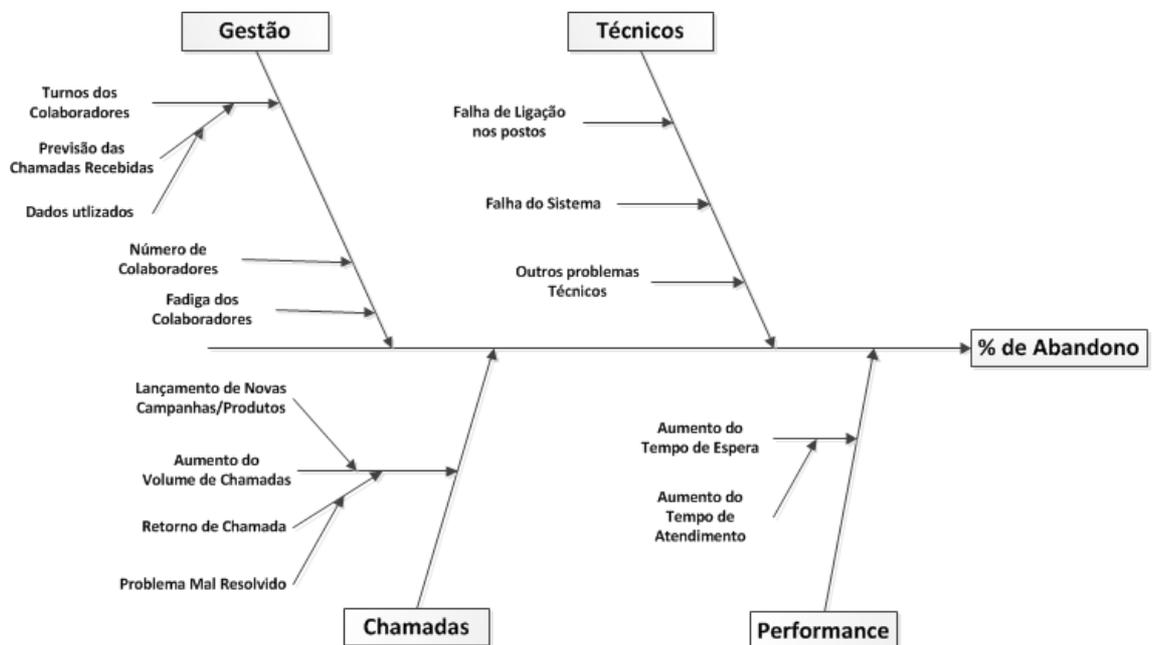


Figura 3.10 - Diagrama Causa-Efeito

É portanto extremamente importante que a verdadeira causas das situações de fora de controlo estatístico identificadas seja apurada e as mesmas sejam eliminadas sob pena de situações como as presentes na figura 3.9 se voltarem a repetir a não se obter uma correta aplicação do SPC.

Conclusões e Recomendações

O objetivo da presente dissertação é a aplicação de ferramentas de controlo estatístico de processo, nomeadamente a carta de controlo, a uma área específica de um *call center*. A preocupação da Financeira com o serviço prestado pelo *call center* após alguns meses de preocupações com o mesmo criaram a oportunidade para se aplicar as ferramentas de controlo.

Numa primeira fase efetuou-se uma pesquisa em livros relevantes na área da Qualidade e do SPC e em artigos científicos publicados em revistas acreditadas. O estudo incluiu uma revisão sobre as práticas atuais em qualidade em serviços e modelos existentes para avaliar a qualidade de um serviço, assim como uma descrição geral sobre o funcionamento de *call centers* e a gestão de operações. O processo da revisão bibliográfica sobre o tema avançou à medida que os dados foram disponibilizados e uma pesquisa mais aprofundada sobre cartas de controlo de atributos foi realizada. As cartas de controlo de atributos e as distribuições que lhe estão subjacentes foram estudadas em mais pormenor e foram revistas alternativas à implementação de cartas de controlo de atributos tradicionais. A pesquisa sobre o SPC incluiu o estudo sobre a capacidade do processo, e na ausência de ferramentas adequadas ao cálculo da capacidade para dados discretos seguindo uma distribuição Binomial, é sugerido um método para avaliar a capacidade.

O processo de atendimento das chamadas na área do Atendimento ao Cliente foi descrito assim como as preocupações da Financeira relativamente à qualidade do serviço prestado, nomeadamente na acessibilidade do mesmo aos clientes. A acessibilidade do *call center* por parte dos clientes é assegurada com base no cálculo dos níveis de serviço em comparação com o nível de serviço contratado. Ponderou-se o estudo de três características da qualidade: tempo de espera, tempo de atendimento e taxa de abandono. Impossibilidades tecnológicas impediram a recolha de dados relativamente ao tempo de espera e ao tempo de atendimento. Relativamente à taxa de abandono, foram recolhidos dados relativos ao mês de Novembro de 2015 completo, e aos primeiros sete dias úteis do mês de Dezembro de 2015. Finalmente, construiu-se a Carta *P* para controlo da proporção não conforme, seguindo a interpretação de que cada chamada não atendida corresponde a uma unidade não conforme.

4.1 Conclusões

O processo de atendimento das chamadas na área do ATC foi alvo de estudo com o objetivo de aplicar ferramentas do SPC, com destaque para as cartas de controlo. Os dados que foram disponibilizados, como é natural na gestão de operações em *call centers*, em relatórios já parametrizados com detalhe das chamadas não atendidas por franja horária. A impossibilidade de obter mais detalhe, e a flexibilidade dos próprios relatórios levou a refinar a pesquisa das cartas de controlo de atributos para amostras com dimensões variáveis. Para garantir a aproximação à distribuição Normal pela distribuição Binomial, utilizou-se uma condição que, se verificada, assegura uma boa aproximação, e com base nesta condição foi definido o tamanho da amostra. A construção da Carta *p* evidenciou várias situações de fora de controlo estatístico, por causas especiais de variação e padrões não aleatórios durante o mês de Novembro. Em conjunto com colaboradores reuniu-se um conjunto de possíveis causas para as situações de fora de controlo estatístico. Com o processo sob controlo estatístico foram estimados os parâmetros – proporção de unidades não conformes, ou proporção de chamadas não atendidas. Na ausência de índices de capacidade para dados discretos com distribuição Binomial, um paralelismo com o índice de capacidade C_{pk} foi realizado e concluiu-se que o processo atual não tem capacidade e portanto não res-

peita o nível de serviço contratado entre as entidades. Baseado nos cálculos realizados calculou-se o nível de serviço que o processo tem capacidade para respeitar. É ainda calculado um novo valor para o parâmetro do processo de forma a garantir que o nível de serviço é respeitado. Na fase de monitorização, é aplicada a Carta p para os primeiros sete dias uteis do mês de Dezembro e constata-se que o processo se encontra fora de controlo de estatístico aproximadamente metade do tempo em que o processo foi monitorizado. Este fato reforça a ideia que de é necessário um estudo aprofundado sobre as razões destas situações de fora de controlo estatístico e a sua conseqüente eliminação ou planos de mitigação.

Relativamente ao objetivo principal da presente dissertação: implementação das cartas de controlo a uma área do *call center* – conclui-se que foi bem-sucedido na medida em que se provou a necessidade de intervenção no processo para o tornar capaz de respeitar os níveis de serviço contratados e a necessidade de um acesso mais flexível aos dados para uma fase de monitorização mais eficaz.

4.2 Recomendações e trabalhos futuros

A aplicação do SPC na área do ATC do *call center* permitiu verificar que para além do processo não ter capacidade para cumprir com o nível de serviço contratado, o número de vezes que o que o processo se encontra fora de controlo estatístico é elevado. Focando apenas as situações de fora de controlo que se encontraram na Fase I do SPC é possível encontrar situações em que o nível de serviço prestado chega a ser de 14%, quase o triplo do nível de serviço acordado. É importante que se controle num horizonte temporal mais curto que o mensal o cumprimento do nível de serviço porque com um horizonte temporal tão alargado estas situações de fora de controlo estatístico e de incumprimento do nível de serviço ficam diluídas e o processo aparenta ser capaz de cumprir o nível de serviço acordado. Tal facto não se verifica à luz dos desenvolvimentos do capítulo 4. Para não comprometer a acessibilidade ao *call center* por parte dos clientes da Financeira e, ao fim ao cabo, melhorar a qualidade do serviço prestado, é necessário analisar um de vários cenários: estabelecer um novo nível de serviço para o qual, tendo em conta o processo que se tem atualmente, o *call center* tenha capacidade para cumprir, ou então, realizar um estudo mais aprofundado do

processo de atendimento das chamadas na área do ATC com o objetivo de melhorar a performance do processo para o tornar capaz de cumprir com o nível de serviço.

Um estudo mais aprofundado do processo de atendimento das chamadas da área do ATC teria de contemplar vários aspetos: a informação obtida através dos *softwares* disponíveis teria de ser mais flexível; possibilidade de estudar outras características da qualidade que possam interferir com a performance.

A informação disponibilizada pelos *softwares* é importante para realizar um estudo mais aprofundado do processo porque é lógico que o que é difícil de medir é difícil de controlar. O *software Altitude uSupervisor*, permite, através de simples desenvolvimentos parametrizar relatórios a extrair com a informação que se pretende, nos horários que se pretende, inclusive ir ao detalhe de cada chamada que chega ao *call center*. Desta forma, seria possível extrair amostras com a dimensão pretendida a intervalos de tempo regulares. Este seria um melhor formato para incluir na construção das cartas de controlo porque a literatura é mais vasta para cartas de controlo com dimensões de amostra constantes, especialmente as cartas de controlo de variáveis. Outro benefício deste desenvolvimento seria a possibilidade de aplicação de outro tipo de cartas de controlo que apresenta melhores performances, como por exemplo a Carta CCC – *Cumulative Count of Conforming* que se baseia na distribuição geométrica.

A possibilidade de estudar outras características da qualidade é um tema importante. (Saltzman & Mehrotra, 2001) afirma no seu estudo que existe uma alta correlação entre o tempo de espera e taxa de abandono num *call center*. Por sua vez, o tempo de espera está altamente correlacionado com o tempo de atendimento. Este facto cria a necessidade de estudar também estas duas características da qualidade em paralelo com a taxa de abandono. A Carta T^2 desenvolvida por *Hotelling* permite controlar simultaneamente variáveis contínuas como o tempo de atendimento e o tempo de espera, sinalizando situações de fora de controlo quando uma, ou várias características da qualidade se encontram fora de controlo estatístico. Em relação ao tempo de atendimento, seria importante realizar um estudo prévio: o tempo de atendimento está diretamente relacionado com o agente, e agentes diferentes podem ter tempos de atendimento diferentes. É importante antes de aplicar uma carta de controlo com os dados da área, reunir

um grupo de colaboradores homogéneos. Uma ferramenta para auxiliar neste seria a *analysis of variance* (ANOVA).

É também interessante, no âmbito da gestão de operações em *call centers*, utilizar os parâmetros calculados para o processo sob controlo estatístico para uma gestão mais eficiente. Para tal é necessário é uma implementação bem-sucedida do SPC e a eliminação das causas especiais de variação.

Por último recomenda-se a implementação das cartas de controlo CUSUM para a monitorização, por se considerar que é extremamente importante detetar pequenas alterações nos parâmetros do processo, porque, para a taxa de abandono, uma alteração positiva na proporção de chamadas não atendidas vai provocar um fenómeno chamado *redial*, em que os clientes que não tiveram oportunidade de falar com um agente, vão voltar a tentar contactar o *call center*, aumentando assim o número de chamadas recebidas. Para evitar este fenómeno é importante detetar pequenas alterações nos parâmetros para eliminar as suas causas e voltar a ter o processo sob controlo estatístico.

Bibliografia

- Acosta-Mejia, C. A. (1999). Improved p charts to monitor process quality. *IIE Transactions*, 31(6), 509–516. <http://doi.org/10.1080/07408179908969854>
- Adams, B. M. (1996). Advanced Topics in Statistical Process Control: The Power of Shewhart's Charts. *Technometrics*, 38(3), 286–286. <http://doi.org/10.1080/00401706.1996.10484510>
- Akşin, O. Z., de Véricourt, F., & Karaesmen, F. (2008). Call Center Outsourcing Contract Analysis and Choice. *Management Science*, 54(2), 354–368. <http://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0823>
- Aksin, Z., Armony, M., & Mehrotra, V. (2009). The Modern Call Center: A Multi-Disciplinary Perspective on Operations Management Research. *Production and Operations Management*, 16(6), 665–688. <http://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2007.tb00288.x>
- Aslam, M., Nazir, A., & Jun, C.-H. (2015). A new attribute control chart using multiple dependent state sampling. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 37(4), 569–576. <http://doi.org/10.1177/0142331214549094>
- Baron, O., & Milner, J. (2009). Staffing to Maximize Profit for Call Centers with Alternate Service-Level Agreements. *Operations Research*, 57(3), 685–700. <http://doi.org/10.1287/opre.1080.0585>
- Barrett, M., Davidson, E., Prabhu, J., & Vargo, S. L. (2015). Service innovation in the digital age: key contributions and future directions. *MIS Quarterly*, 39(1), 135–154.
- Behbahani, M., Saghaee, A., & Noorossana, R. (2012). A case-based reasoning system development for statistical process control: Case representation and retrieval. *Computers & Industrial Engineering*, 63(4), 1107–1117. <http://doi.org/10.1016/j.cie.2012.07.007>

- Borror, C. M., & Champ, C. W. (2001a). Phase I control charts for independent Bernoulli data. *Quality and Reliability Engineering International*, 17(5), 391–396. <http://doi.org/10.1002/qre.425>
- Borror, C. M., & Champ, C. W. (2001b). Phase I control charts for independent Bernoulli data. *Quality and Reliability Engineering International*, 17(5), 391–396. <http://doi.org/10.1002/qre.425>
- Braverman, J. D. (1981). *Fundamentals of statistical quality control*. Reston, Va: Reston Pub. Co.
- Center for History and New Media. (n.d.). Guia de Iniciação Rápida do Zotero. Retrieved from http://zotero.org/support/quick_start_guide
- Chandrupatla, T. R. (2009). *Quality and reliability in engineering*. New York: Cambridge University Press.
- Coleman, S. (Ed.). (2008). *Statistical practice in business and industry*. Chichester, England ; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Cronin Jr., J. J., & Taylor, S. A. (1992). Measuring Service Quality: A Reexamination and Extension. *Journal of Marketing*, 56(3), 55–68.
- Crosby, P. B. (1979a). *Quality is free: the art of making quality certain*. New York: McGraw-Hill.
- Crosby, P. B. (1979b). *Quality is free: the art of making quality certain*. New York: McGraw-Hill.
- Duran, R. I., & Albin, S. L. (2009). Monitoring a fraction with easy and reliable settings of the false alarm rate. *Quality and Reliability Engineering International*, 25(8), 1029–1043. <http://doi.org/10.1002/qre.1019>
- Emura, T., & Lin, Y.-S. (2015). A Comparison of Normal Approximation Rules for Attribute Control Charts: normal approximation rules for np-control charts. *Quality and Reliability Engineering International*, 31(3), 411–418. <http://doi.org/10.1002/qre.1601>
- Feigenbaum, A. V. (1991). *Total quality control* (3rd ed., rev). New York: McGraw-Hill.

- Feigenbaum, A. V. (2005). *Total quality control: achieving productivity, market penetration and advantage in the global economy*. New York; London: McGraw-Hill Higher Education ; McGraw-Hill [distributor].
- Fitzsimmons, J. A., & Fitzsimmons, M. J. (2004). *Service management: operations, strategy, and information technology* (4th ed). Boston, Mass: McGraw-Hill/Irwin.
- Fu, Y., Lai, K. K., & Liang, L. (2016). A robust optimisation approach to the problem of supplier selection and allocation in outsourcing. *International Journal of Systems Science*, 47(4), 913–918. <http://doi.org/10.1080/00207721.2014.907970>
- Gan. (1991). An Optimal Design of CUSUM quality control charts. *Journal of Quality Technology*, 23, 279–286.
- Gan. (1992). An Optimal Design of CUSUM control charts for Binomial counts, Research report #842. *National University of Singapore*.
- Gan, F. F. (1993). An optimal design of CUSUM control charts for binomial counts. *Journal of Applied Statistics*, 20(4), 445–460. <http://doi.org/10.1080/02664769300000045>
- Gans, N., Koole, G., & Mandelbaum, A. (2003). Telephone Call Centers: Tutorial, Review, and Research Prospects. *Manufacturing & Service Operations Management*, 5(2), 79–141. <http://doi.org/10.1287/msom.5.2.79.16071>
- Goh, T. N., & Xie, M. (1994). New approach to quality in a near-zero defect environment. *Total Quality Management*, 5(3), 3–10. <http://doi.org/10.1080/09544129400000021>
- Hasija, S., Pinker, E. J., & Shumsky, R. A. (2008). Call Center Outsourcing Contracts Under Information Asymmetry. *Management Science*, 54(4), 793–807. <http://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0804>
- Herbert, D., Curry, A., & Angel, L. (2003). Use of Quality Tools and Techniques in Services. *The Service Industries Journal*, 23(4), 61–80.
- Joekes, S., & Pimentel Barbosa, E. (2013). An improved attribute control chart for monitoring non-conforming proportion in high quality processes. *Control Engineering Practice*, 21(4), 407–412. <http://doi.org/10.1016/j.conengprac.2012.12.005>

- Jun Kang. (2013). Research on Service Quality Management Based on Statistical Process Control Theory (pp. 45–48). IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICSS.2013.20>
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (Eds.). (1999). *Juran's quality handbook* (5th ed). New York: McGraw Hill.
- Kane, V. E. (1986). Process Capability Indices. *Journal of Quality Technology*, 18, 41–52.
- Kit C.B. Roes, & D. Dorr. (1997). Implementing statistical process control in service processes. *International Journal of Quality Science*, 2(3), 149–166. <http://doi.org/10.1108/13598539710170795>
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2006). *Marketing management*. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Ltd.
- Laureani, A., Antony, J., & Douglas, A. (2010). Lean six sigma in a call centre: a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 59(8), 757–768. <http://doi.org/10.1108/17410401011089454>
- Liao, S., Van Delft, C., Koole, G., Dallery, Y., & Jouini, O. (2009). Call center capacity allocation with random workload (pp. 851–856). IEEE. <http://doi.org/10.1109/IC-CIE.2009.5223711>
- Lim, S. A. H., & Antony, J. (2013). A conceptual readiness framework for statistical process control (SPC) deployment (pp. 300–304). IEEE. <http://doi.org/10.1109/IEEM.2013.6962422>
- Lim, S. L., Khoo, M. B. C., Teoh, W. L., & Xie, M. (2015). Optimal designs of the variable sample size and sampling interval chart when process parameters are estimated. *International Journal of Production Economics*, 166, 20–35. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.04.007>
- Lowry, C. A., & Montgomery, D. C. (1995). A review of multivariate control charts. *IIE Transactions*, 27(6), 800–810. <http://doi.org/10.1080/07408179508936797>
- Lusch, R. F. (2006). Service-dominant logic: reactions, reflections and refinements. *Marketing Theory*, 6(3), 281–288. <http://doi.org/10.1177/1470593106066781>

- Mihalcin, M. J., Mazzuchi, T. A., Sarkani, S., & Dever, J. R. (2014). Quality Control-An Approach Applying Multivariate Control Charts during the Operation of Systems Involving Human Processes: QUALITY CONTROL. *Systems Engineering*, *17*(2), 204–212. <http://doi.org/10.1002/sys.21263>
- Milner, J. M., & Olsen, T. L. (2008). Service-Level Agreements in Call Centers: Perils and Prescriptions. *Management Science*, *54*(2), 238–252. <http://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0777>
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to statistical quality control* (6th ed). Hoboken, N.J: Wiley.
- Oakland, J. S. (2008). *Statistical process control* (6th ed). Burlington, MA: Butterworth-Heinemann.
- Oakland, J. S., & Sohal, A. (1996). *Total quality management: text with cases*. Port Melbourne: Butterworth-Heinemann.
- Ostrom, A. L., Parasuraman, A., Bowen, D. E., Patricio, L., & Voss, C. A. (2015). Service Research Priorities in a Rapidly Changing Context. *Journal of Service Research*, *18*(2), 127–159. <http://doi.org/10.1177/1094670515576315>
- Page, E. S. (1954). Continuous inspection schemes. *Biometrika*, *41*(1-2), 100–115. <http://doi.org/10.1093/biomet/41.1-2.100>
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. *Journal of Marketing*, *49*(4), 41–50.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988a). Communication and Control Processes in the Delivery of Service Quality. *Journal of Marketing*, *52*, 35–48.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988b). SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing*, *64*(1), 12–40.
- Pearn, W. L., Kotz, S., & Johnson, N. L. (1992). Distributional and Inferential Properties of Process Capability Indices. *Journal of Quality Technology*, *24*, 216–231.

- Phung-Duc, T., & Kawanishi, K. (2014). An efficient method for performance analysis of blended call centers with redial. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 31(02), 1440008. <http://doi.org/10.1142/S0217595914400089>
- Quesenberry, C. P. (1997). *SPC methods for quality improvement*. New York: Wiley.
- Robbins, T. R., & Harrison, T. P. (2010). A stochastic programming model for scheduling call centers with global Service Level Agreements. *European Journal of Operational Research*, 207(3), 1608–1619. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.06.013>
- Saltzman, R. M., & Mehrotra, V. (2001). A Call Center Uses Simulation to Drive Strategic Change. *Interfaces*, 31(3), 87–101. <http://doi.org/10.1287/inte.31.3.87.9632>
- Seth, N., Deshmukh, S. G., & Vrat, P. (2005). Service quality models: a review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(9), 913–949. <http://doi.org/10.1108/02656710510625211>
- Škulj, G., Vrabič, R., Butala, P., & Sluga, A. (2013). Statistical Process Control as a Service: An Industrial Case Study. *Procedia CIRP*, 7, 401–406. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.006>
- Storbacka, K., Strandvik, T., & Grönroos, C. (1994). Managing Customer Relationships for Profit: The Dynamics of Relationship Quality. *International Journal of Service Industry Management*, 5(5), 21–38. <http://doi.org/10.1108/09564239410074358>
- Stoumbos, Z. G., Reynolds, M. R., Ryan, T. P., & Woodall, W. H. (2000). The State of Statistical Process Control as We Proceed into the 21st Century. *Journal of the American Statistical Association*, 95(451), 992–998. <http://doi.org/10.1080/01621459.2000.10474292>
- Sulek, J. M. (2004). Statistical quality control in services. *International Journal of Services Technology and Management*, 5(5/6), 522. <http://doi.org/10.1504/IJSTM.2004.006282>
- Taguchi, G., & Hsiang, T. C. (1985). Tutorial on Quality Control and Assurance - The Taguchi Methods. *Joint Meeting of The American Statistical Association*, p. 188.

- Topalidou, E., & Psarakis, S. (2009). Review of multinomial and multiattribute quality control charts. *Quality and Reliability Engineering International*, 25(7), 773–804. <http://doi.org/10.1002/qre.999>
- Tsai, M.-C., & Ou-Yang, C. (2010). Improving a commercial bank's operation performance through statistical process control. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 27(3), 226–236. <http://doi.org/10.1080/10170661003644152>
- Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2004). The Four Service Marketing Myths: Remnants of a Goods-Based, Manufacturing Model. *Journal of Service Research*, 6(4), 324–335. <http://doi.org/10.1177/1094670503262946>
- Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2008). Service-dominant logic: continuing the evolution. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 36(1), 1–10. <http://doi.org/10.1007/s11747-007-0069-6>
- Weinberg, J., Brown, L. D., & Stroud, J. R. (2007). Bayesian Forecasting of an Inhomogeneous Poisson Process With Applications to Call Center Data. *Journal of the American Statistical Association*, 102(480), 1185–1198. <http://doi.org/10.1198/016214506000001455>
- Wheeler, D. J. (2004). *Advanced topics in statistical process control: the power of Shewhart's charts* (2nd ed). Knoxville, Tenn: SPC Press.
- William H. Woodall. (1985). The Statistical Design of Quality Control Charts. *Journal of the Royal Statistical Society*, 34(2), 155–160.
- Woodall, W. H., Jones-Farmer, L. A., Steiner, S. H., & Champ, C. W. (2014). An Overview of Phase I Analysis for Process Improvement and Monitoring. *American Society for Quality*, 46(3), 265 – 280.
- Woodall, W. H., & Montgomery, D. C. (2014). Some Current Directions in the Theory and Application of Statistical Process Monitoring. *Journal of Quality Technology*, 46(1), 78–94.
- Wood, M. (1994). Statistical Methods for Monitoring Service Processes. *International Journal of Service Industry Management*, 5(4), 53–68. <http://doi.org/10.1108/09564239410068706>

- Wu, C.-W., Pearn, W. L., & Kotz, S. (2009). An overview of theory and practice on process capability indices for quality assurance. *International Journal of Production Economics*, 117(2), 338–359. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.11.008>
- Wu, Z., Zhang, S., & Wang, P. (2007). A CUSUM scheme with variable sample sizes and sampling intervals for monitoring the process mean and variance. *Quality and Reliability Engineering International*, 23(2), 157–170. <http://doi.org/10.1002/qre.782>
- Zeithaml, V. A., Berry, L. L., & Parasuraman, A. (1996). The Behavioral Consequences of Service Quality. *Journal of Marketing*, 60(2), 31–46.
- Zulema Lopes Pereira, & José Gomes Requeijo. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos* (2^a ed.). Lisboa: Fundação FCT.

Anexos

Anexo A

Dados da Fase I

Dia	Hora	Chamadas Recebidas	Chamadas Não Atendidas
02/11/2015	09:00 - 14:00	704	98
02/11/2015	14:00 - 19:00	527	48
03/11/2015	09:00 - 14:00	633	20
03/11/2015	14:00 - 19:00	489	30
04/11/2015	09:00 - 14:00	613	33
04/11/2015	14:00 - 19:00	472	30
05/11/2015	09:00 - 14:00	600	23
05/11/2015	14:00 - 19:00	446	16
06/11/2015	09:00 - 14:00	486	23
06/11/2015	14:00 - 19:00	409	10
09/11/2015	09:00 - 14:00	475	2
09/11/2015	14:00 - 19:00	399	3
10/11/2015	09:00 - 14:00	542	69
10/11/2015	14:00 - 19:00	402	10
11/11/2015	09:00 - 14:00	488	13
11/11/2015	14:00 - 19:00	380	10
12/11/2015	09:00 - 14:00	435	11
12/11/2015	14:00 - 19:00	360	11
13/11/2015	09:00 - 14:00	443	34

13/11/2015	14:00 - 19:00	310	7
16/11/2015	09:00 - 14:00	533	27
16/11/2015	14:00 - 19:00	413	8
17/11/2015	09:00 - 14:00	539	53
17/11/2015	14:00 - 19:00	384	18
18/11/2015	09:00 - 14:00	445	8
18/11/2015	14:00 - 19:00	344	18
19/11/2015	09:00 - 14:00	394	8
19/11/2015	14:00 - 19:00	375	16
20/11/2015	09:00 - 14:00	402	6
20/11/2015	14:00 - 19:00	310	4
23/11/2015	09:00 - 14:00	525	30
23/11/2015	14:00 - 19:00	410	15
24/11/2015	09:00 - 14:00	471	23
24/11/2015	14:00 - 19:00	388	12
25/11/2015	09:00 - 14:00	522	33
25/11/2015	14:00 - 19:00	458	45
26/11/2015	09:00 - 14:00	496	14
26/11/2015	14:00 - 19:00	414	19
27/11/2015	09:00 - 14:00	516	10
27/11/2015	14:00 - 19:00	474	25
30/11/2015	09:00 - 14:00	578	26
30/11/2015	14:00 - 19:00	507	45

Anexo B

Dados da Fase 2

Dia	Hora	Chamadas Recebidas	Chamadas Não Atendidas
01/12/2015	09:00 - 14:00	655	135
01/12/2015	14:00 - 19:00	549	123
02/12/2015	09:00 - 14:00	504	23
02/12/2015	14:00 - 19:00	445	64
03/12/2015	09:00 - 14:00	464	35
03/12/2015	14:00 - 19:00	365	27
04/12/2015	09:00 - 14:00	348	8
04/12/2015	14:00 - 19:00	378	16
07/12/2015	09:00 - 14:00	460	14
07/12/2015	14:00 - 19:00	400	12
09/12/2015	09:00 - 14:00	447	31
09/12/2015	14:00 - 19:00	353	6
10/12/2015	09:00 - 14:00	433	15
10/12/2015	14:00 - 19:00	354	8