



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Junho 2013
ISSN 1413-9014
E-ISSN 2317-2193

CADERNOS DO IME

Série Informática

Volume 35

Escalabilidade em Composição Dinâmica de Serviços baseada em QoS: uma Revisão Sistemática	7
Vivek Nallur, Leticia Duboc, Rami Bahsoon	
Estudo de Caso: o Centro de Suporte da Empresa X - Aplicação de técnicas estatísticas para apoio à gestão de serviços	23
Luiz Henrique Ferreira, Regina Serrão Lanzillotti	

CADERNOS DO IME

Série Informática

Volume 35

Publicação do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Periodicidade semestral, com circulação em junho e dezembro.

Ricardo Vieiralves de Castro

Reitor

Paulo Roberto Volpato Dias

Vice-Reitor

Maria Georgina Muniz Washington

Diretora do Centro de Tecnologia e Ciência

Geraldo Magela da Silva

Diretor do Instituto de Matemática e Estatística

Pedro Antonio Sarubbi

Vice-Diretor do Instituto de Matemática e Estatística

Normalização, divulgação e distribuição:

Biblioteca do Centro de Ciências de Tecnologia A (CTC/A) da rede Sirius de Biblioteca da UERJ – ctca@uerj.br

Organização do volume 35:

Alexandre Sztajnberg

Fabiano de Souza Oliveira

Correspondência:

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Instituto de Matemática e Estatística

Editores do Cadernos do IME - Série Informática

Rua São Francisco Xavier, 524 - Pavilhão Reitor João Lyra Filho,

6º andar, sala 6019 B

Maracanã - 20550-900 – Rio de Janeiro, RJ

Telefax: +55 21 2334-0144

e-mail: cadernos_inf@ime.uerj.br

site: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cadinf>

Os artigos enviados para publicação deverão ser inéditos, com exceção de resumos ou teses, são de responsabilidade de seus autores, e não refletem, necessariamente, a opinião do IME. Sua reprodução é livre, em qualquer outro veículo de comunicação, desde que citada a fonte.

Produção e editoração gráfica:

Alexandre Sztajnberg

Fabiano de Souza Oliveira

Organizadores:

Alexandre Sztajnberg

Fabiano de Souza Oliveira

Contato: cadernos_inf@ime.uej.br

Junho 2013
ISSN 1413-9014
E-ISSN 2317-2193

CADERNOS DO IME

Série Informática

Volume 35

Escalabilidade em Composição Dinâmica de Serviços baseada em QoS: uma Revisão Sistemática 7
Vivek Nallur, Leticia Duboc, Rami Bahsoon

Estudo de Caso: o Centro de Suporte da Empresa X - Aplicação de técnicas estatísticas para apoio à gestão de serviços 23

Luiz Henrique Ferreira, Regina Serrão Lanzillotti

Nota dos Editores

Cada trabalho neste volume passou pelo processo padrão de avaliação dos Cadernos do IME – Série Informática. Em outras palavras, os trabalhos selecionados foram aqueles recomendados para publicação por dois revisores, um interno e outro externo ao Corpo Editorial, e suas sugestões foram levadas em consideração pelos autores para a preparação da versão aqui publicada.

Reiteramos os agradecimentos aos revisores internos e externos, que fizeram suas avaliações em tempo. O Volume 35 está sendo publicado com atraso, porém, devido às atividades de reestruturação interna da plataforma dos Cadernos do IME - Série Informática, além de outros atrasos operacionais. Agradecemos também portanto a paciência dos autores pela demora no processo.

Abril de 2014

Conselho Editorial

Alexandre Sztajnberg
Ana Leticia Luboc
Antônio de Pádua A. Oliveira
Fabiano de Souza Oliveira
Guilherme Lucio Abelha Mota

Maria Clícia Stelling
Marinilza Bruno de Carvalho
Neide Santos
Rosa Maria Moreira da Costa
Vera Maria Benjamim Werneck

Contato: cadernos_inf@ime.uerj.br

Revisores *ad hoc* internos

Guilherme Lucio Abelha Mota
Alexandre Sztajnberg

Revisores *ad hoc* externos

Pedro Henrique Coelho (FEN/UERJ)
Sérgio Carvalho (UFG)

Cadernos do IME – Série Informática
ISSN 1413-9014
E-ISSN 2317-2193

Apresentação

Para o Volume 35 dos Cadernos do IME – Série Informática dois artigos foram selecionados.

O primeiro, *Escalabilidade em Composição Dinâmica de Serviços baseada em QoS: uma Revisão Sistemática*, de autoria de Vivek Nallur, Leticia Duboc e Rami Bahsoon, faz uma revisão de literatura para identificar como escalabilidade está sendo avaliada no contexto de aplicações que se utilizam de uma arquitetura orientada a serviços. Este é um paradigma recente e muito utilizado de construção de aplicações no qual os serviços estão disponíveis pela web e, como consequência, acarreta na complexidade de determinação da escalabilidade de tais sistemas.

O segundo, *Estudo de Caso: o Centro de Suporte da Empresa X - Aplicação de técnicas estatísticas para apoio à gestão de serviços*, de autoria de Luiz Henrique Ferreira e Regina Serrão Lanzillotti, apresenta um estudo de caso de uma empresa fabricante de computadores global. O trabalho faz um estudo de caso sobre os dados de atendimento de um centro de suporte real, com o uso de técnicas estatísticas, para caracterizar e tipificar a demanda dos clientes.

Renovamos o convite aos pesquisadores para enviarem suas contribuições para os próximos números dos Cadernos do IME – Série Informática.

Abril de 2014

Alexandre Sztajnberg e Fabiano de Souza Oliveira
Organizadores do Volume 35

cadernos_inf@ime.uerj.br

Escalabilidade em Composição Dinâmica de Serviços baseada em QoS: uma Revisão Sistemática

Vivek Nallur¹, Letícia Duboc², Rami Bahsoon¹

¹Departamento de Ciência da Computação
Birmingham University, Birmingham, UK

²Instituto de Matemática e Estatística (IME)
Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil

{nallurv@cs.bham.ac.uk, leticia@ime.uerj.br, r.bahsoon@cs.bham.ac.uk}

Abstract. *The service oriented architecture paradigm has caused a revolution in software development, allowing applications to be constructed from independent services on the Internet. For such, service composition infrastructures select and combine services dynamically, ensuring that the resulting applications offer the desired functionality and quality of service. This selection and the calculation of the combined quality of services are computationally expensive, making scalability an important issue for these infrastructures. This paper performs a systematic literature review to identify how scalability is being evaluated in this domain and to discuss the implications of this scenario.*

Resumo. *O paradigma da arquitetura orientada a serviços causou uma revolução no desenvolvimento de software, permitindo que aplicações sejam construídas a partir de serviços independentes disponibilizados na Internet. Para tal, infraestruturas de composição de serviços selecionam e combinam serviços dinamicamente, garantindo que a aplicação resultante ofereça a funcionalidade e a qualidade de serviço desejadas. Esta seleção e o cálculo das qualidades de serviço combinados são computacionalmente caros, fazendo da escalabilidade uma importante preocupação destas infraestruturas. O presente artigo faz uma revisão sistemática de literatura para identificar como escalabilidade está sendo avaliada neste domínio e para discutir as implicações de tal cenário.*

1. Introdução

O paradigma da arquitetura orientada a serviços permite que aplicações sejam compostas dinamicamente utilizando serviços independentes. Tal composição é possível graças a infraestruturas, chamadas de aplicações de composição de serviços baseadas em QoS, que permitem a serviços serem publicados, encontrados e combinados em tempo de execução [Ko et al. 2008][Zeng et al. 2004][Gao et al. 2005]. Elas contam com um registro, onde provedores de serviços se inscrevem informando a funcionalidade e a qualidade de serviço (QoS) oferecidas. Este último é normalmente composto por atributos de qualidades de software como confiabilidade, disponibilidade, segurança, desempenho e outros requisitos não funcionais que devem ser providos por uma aplicação de software em tempo real. Incapacidade de satisfazer tais requisitos

pode levar ao abandono do uso do software e até mesmo a perdas contratuais significantes.

Desenvolvedores de aplicações podem utilizar-se de infraestruturas para selecionar serviços para suas partes constituintes. Para tanto, eles devem informar a funcionalidade desejada – normalmente na forma de um workflow de tarefas – assim como a qualidade de serviço requerida. A busca pelos serviços é feita automaticamente, procurando selecionar aqueles que melhor atendam aos critérios de funcionalidade e qualidade de serviço. A qualidade de serviço oferecida pela aplicação, por sua vez, será a combinação dos atributos de QoS de seus serviços constituintes. Por isso, é importante que cada um deles mantenha estes atributos dentro dos valores acordados. Quando isto não ocorre, o serviço pode ser substituído dinamicamente.

A busca por serviços coma combinação ótima de atributos de QoS é um problema conhecido como NP-completo [Yu et al. 2007]; de forma que tais infraestruturas normalmente oferecem uma solução “suficientemente boa”, que represente um equilíbrio entre o tempo de seleção dos serviços e a QoS da aplicação resultante. Este compromisso torna-se ainda mais complicado à medida que o espaço de busca aumenta. Por este motivo, proponentes de soluções neste domínio se preocupam em caracterizar-lhes a escalabilidade.

Em tal cenário, é natural perguntar-se se estes autores estão de comum acordo com relação às métricas que medem escalabilidade e às características do domínio de aplicação e do design dessas infraestruturas cuja variação afeta estes valores assumidos por métricas. Dito acordo não somente permitiria que proponentes de soluções soubessem a priori quais características tratar no projeto de suas infraestruturas, como também tornaria viável a comparação entre as propostas. Com o intuito de investigar essas questões, nós realizamos uma revisão sistemática de literatura (SLR) [Kitchenham and Charters 2007] em escalabilidade em composição dinâmica de serviços.

Outras SLR foram feitas no domínio de orientação a serviços. Gu e Lago (2009), por exemplo, discutem os desafios de se construir sistemas orientados a serviços; curiosamente escalabilidade não foi listada como um desses desafios. Leite et al. (2013) fazem uma SLR sobre adaptação em coreografia de serviços, verificando que somente um dos trabalhos revisados [Dar et al. 2011] considera escalabilidade. Outro trabalho relacionado é o de Issarni et al. (2011), que discute o estado da arte em *middleware* orientados a serviços, identificando escalabilidade como um dos principais desafios destes *middlewares*. No entanto, nenhum desses trabalhos tem o propósito de entender como escalabilidade está sendo tratado no domínio de composição dinâmica de serviços.

2. Pressupostos Teóricos

2.1. Escalabilidade

Escalabilidade é um assunto que tem recebido crescente atenção no decorrer dos anos, como mostra a Figura 1. O gráfico ilustra o número de publicações com as palavras *scalability* ou *scalable* em seu título desde os anos 70, utilizando o buscador Google Scholar. Somente no domínio de arquitetura baseada em serviços(SOA), encontramos

908 artigos que tratam diretamente de escalabilidade; isto considerando uma única biblioteca.¹

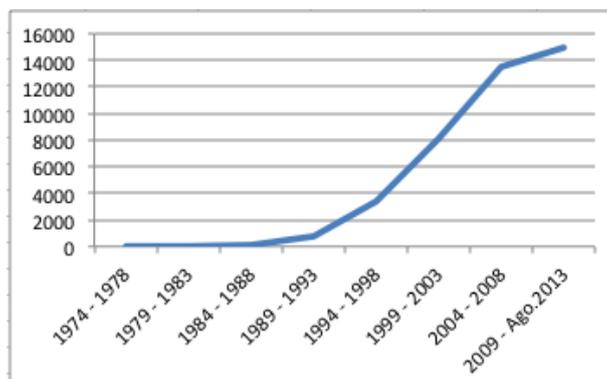


Figura 1. Crescente interesse em escalabilidade.

Apesar do crescente interesse e atualidade do tema, ainda são comuns alguns equívocos em relação a esta qualidade:

(i) *Escalabilidade não diz respeito única e exclusivamente ao desempenho de um sistema.*

Desempenho é somente um de seus indicadores. Considere-se, por exemplo, o *BART* [Winter et al. 2001], um sistema de controle automatizado de trens que busca transportar um número maior de passageiros através da diminuição do espaçamento entre os mesmos. Neste sistema, a preocupação em relação à escalabilidade é a *distância de separação segura entre trens* (uma medida de segurança) tendo em conta o aumento do número destas locomotivas na rede ferroviária.

(ii) *Escalabilidade não significa necessariamente utilização linear de recursos, à medida que a carga no sistema aumenta.*

Tome-se, por exemplo, o domínio de verificação de modelos, onde o consumo de recursos é normalmente exponencial e um algoritmo com tempo de execução polinomial é considerado escalável.

(iii) *A computação em nuvem não oferece escalabilidade infinita.*

Com o surgimento deste paradigma e sua oferta de recursos computacionais sob demanda, pode-se ter a ilusão de que o problema da escalabilidade já está resolvido. No entanto, os recursos neste modelo de negócio são pagos de acordo com a sua utilização: uma aplicação que não faz uso responsável dos mesmos pode se tornar economicamente inviável. Adicionalmente, a aplicação pode enfrentar outros problemas se não for cuidadosamente projetada para a escalabilidade, como falhas de sincronização e *deadlocks*. É imprescindível, para um bom projeto, que se entendam as características cuja variação pode afetar a escalabilidade de um sistema, assim como os indicadores dessa escalabilidade.

Buscando resolver tais equívocos, Duboc et al. propuseram a seguinte definição de escalabilidade: "*É uma qualidade de software caracterizada pela habilidade de um*

¹String de busca: ((scalab*) AND Service-oriented architecture) no banco de dados IEEEExplore.

sistema em satisfazer suas metas de qualidade quando as características do domínio de aplicação e do design do sistema variam dentro de intervalos operacionais."

É interessante observar que a definição anterior engloba metas de qualidade distintas, como desempenho, confiabilidade e segurança. Assim, a escalabilidade pode ser medida em função de diferentes métricas e sofrer influência de várias características. Este fato faz com que uma análise da qualquer atributo de qualidade que considere variações em características do domínio de aplicação e do design do sistema, seja, em realidade, uma análise de escalabilidade.

2.2. Composição Dinâmica de Serviços

Composição dinâmica de serviços permite que aplicações sejam construídas a partir de serviços disponibilizados na Internet. Para tal, são utilizadas infraestruturas que busquem automaticamente serviços com as funcionalidades desejadas, combinando-os para criar aplicações e monitorando sua execução. Um subgrupo dessas infraestruturas está preocupado em selecionar um conjunto de serviços que otimize a QoS da aplicação resultante – estas são aplicações de composição de serviços baseadas em QoS. É importante entender alguns conceitos comuns a estas infraestruturas:²

- *Serviço Abstrato*: é a especificação funcional de uma certa tarefa.
- *Serviço Candidato*: é a implementação de um serviço abstrato. Cada serviço candidato tem uma qualidade de serviço, que é negociada através de um *Service Level Agreement (SLA)*.
- *Workflow*: define uma estrutura de serviços abstratos para formar uma aplicação.

O cálculo da qualidade de serviço da aplicação varia de acordo com os atributos de QoS. Por exemplo, o tempo de execução de uma aplicação poderá ser a soma dos tempos de execução de suas partes constituintes. Para o cálculo de outros atributos, como confiabilidade, são utilizados mecanismos diferentes que consideram a estrutura da aplicação [Cardoso et al. 2004].

Normalmente, os valores dos atributos de QoS são estabelecidos através de acordos de níveis de serviços (SLA). Algumas infraestruturas renegociam contratos automaticamente quando SLAs expiram, e monitoram a execução dos serviços, substituindo-os em tempo de execução se eles deixam de prover a qualidade prometida.

Como a busca de serviços que otimizem a qualidade de serviço da aplicação é um processo computacionalmente caro, é comum haver preocupação com a escalabilidade dessas infraestruturas. A seguir mostramos dois exemplos clássicos de análises de escalabilidade neste domínio:

- Zeng et al. [Zeng et al. 2004], um dos primeiros artigos de composição de serviços Web, representam o *workflow* da aplicação como um diagrama de estados e comparam o uso de otimização local de QoS versus planejamento global utilizando programação inteira (IP). Em sua análise de escalabilidade, os autores variaram o *tamanho do workflow* e o *número de serviços candidatos*, e medem o *tempo de composição de serviços*.

²Nomes podem variar de solução em solução.

- Ko et al.(2008) propõem um algoritmo híbrido para encontrar um plano de composição que não viole nenhuma restrição individual de QoS. Para avaliar a escalabilidade da solução, os autores calculam o *tempo de resposta* do algoritmo, também variando o *tamanho do workflow* e o *número de serviços candidatos*.

Contudo, será que a avaliação do tempo de resposta – em função do tamanho do *workflow* e do número de serviços abstratos - é o suficiente para caracterizar a escalabilidade neste domínio? Não haveria outras qualidades de software, além de desempenho, que poderiam ser afetadas? A variação de quais características do domínio da aplicação e do design do sistema impactariam nestas qualidades?

Com o intuito de entender como autores no domínio de composição dinâmica de serviços baseadas em QoS estão avaliando a escalabilidade de suas soluções, fizemos uma revisão sistemática da literatura.

2.3. Revisão Sistemática da Literatura (SLR)

A revisão sistemática da literatura é uma forma de identificar, avaliar e interpretar toda pesquisa disponível concernente a uma questão, área ou fenômeno de interesse em particular. Kitchenham and Charters (2007) adaptou diretrizes da área médica para refletir os problemas específicos da engenharia de software. Este modelo de revisão pode ser usado para: (i) resumir evidência sobre algum tratamento ou tecnologia; (ii) identificar lacunas na pesquisa atual e apontar áreas futuras de pesquisa; (iii) estabelecer uma base para posicionar uma nova pesquisa; ou (vi) mostrar qual evidência empírica contradiz ou dá suporte a uma hipótese.

De acordo com as diretrizes de Kitchenham and Charters (2007), o processo de revisão sistemática consiste de três fases: planejamento, execução e disseminação. A Tabela 1 lista as atividades de cada uma destas fases.

Tabela 1. Fases de uma SLR

Planejamento	1. Estabelecer a necessidade da revisão 2. Definir perguntas de pesquisa 3. Desenvolver um protocolo de revisão
Execução	4. Definir a estratégia de busca 5. Selecionar as fontes primárias 6. Avaliar a qualidade das fontes 7. Extrair e monitorar os dados 8. Sintetizar os dados
Disseminação	9. Especificar os mecanismos de disseminação 10. Formatar o relatório

Na fase de planejamento, é feito um protocolo da revisão, que é um plano de ação criado antes da execução da mesma. Esse protocolo dá margem para que o pesquisador identifique falhas no procedimento e avalie se o mesmo é capaz de responder às perguntas de pesquisa. Os principais componentes do protocolo são: (i) as

perguntas de pesquisa a serem respondidas pelo estudo; (ii) a especificação das fontes de dados e da estratégia de busca de literatura dessas fontes; (iii) os critérios de seleção dos resultados relevantes; (iv) a metodologia de extração dos dados; e (v) a estratégia de síntese dos dados. A importância do protocolo de revisão está em definir passos precisos a serem seguidos pelos pesquisadores, de maneira que a revisão possa ser estudada, criticada e/ou replicada.

3. SLR em Composição Dinâmica de Serviços

O primeiro passo é estabelecer a necessidade da revisão: estamos interessados em identificar se, e como, autores no domínio de composição dinâmica de serviços baseados em QoS avaliam a escalabilidade de suas soluções. Que técnicas estão sendo utilizadas? Que características do domínio e do sistema estão sendo consideradas? Que métricas estão sendo adotadas?

Tal análise é bastante relevante para pesquisadores que trabalham neste domínio e para *stakeholders* em busca de uma aplicação de composição de serviços: será que existe uma uniformidade que permita a comparação de soluções alternativas? Com quais características e métricas os proponentes de tais soluções deveriam preocupar-se ao elaborá-las?

É importante enfatizar que se encontra fora do escopo da pesquisa avaliar a escalabilidade de cada solução encontrada.

3.1. Protocolo

Nesta seção são apresentados os principais elementos do protocolo utilizado.

3.1.1. Perguntas de Pesquisa

A definição das perguntas de pesquisa é a parte mais importante de uma revisão sistemática. A partir delas define-se o processo de busca, quais dados devem ser extraídos e como deve ser feita a síntese dos dados [Kitchenham 2007]. Nossa SLR procurou responder às seguintes perguntas:

RQ1. De que forma autores na área de composição dinâmica de serviços baseados em QoS estão avaliando a escalabilidade de suas soluções?

RQ2. Quais características do domínio de aplicação e do design do sistema estão sendo consideradas para caracterizar a escalabilidade de soluções nesta área, e quais intervalos de valores destas características estão sendo assumidos?

RQ3. Que métricas de software estão sendo adotadas para medir a escalabilidade destas soluções?

3.1.2. Estratégia de Busca

A estratégia de busca é normalmente iterativa. Ela pode incluir buscas automáticas ou manuais em bibliotecas científicas, anais de conferências e revistas, consulta a especialista e outras técnicas para expandir a abrangência dos resultados.

Em geral, na engenharia de software, bases de dados eletrônicas são consideradas suficientes [Kitchenham et al. 2004][Gu and Lago 2009]. A nossa SLR considerou os seguintes engenhos de busca:

1. *IEEE Explore*
2. *ACM Digital Library*
3. *Science Direct*
4. *Engineering Village*
5. *ISI Web of Knowledge*
6. *Google Scholar*
7. *CiteSeer*

Adicionalmente, foi empregada a técnica de *snowballing* para expandir a abrangência dos resultados, que busca entre as referências dos artigos selecionados, outros trabalhos de interesse [Budgen 2008].

As fontes de dados foram pesquisadas utilizando-se uma combinação das palavras-chave abaixo. As palavras de busca foram adaptadas para cada engenho.

1. *Quality of Service* – variantes: *QoS*, *QoS-aware*, *QoS-enabled*;
2. *Web Service Composition* – variantes: *WSC*, *Service Composition*, *Service-based*, *Service-Oriented*, *Service-based Architecture*, *Service-oriented Architecture*, *Service-selection*;
3. *Dynamic* – variantes: *Adaptive*, *Adaptation*, *Self-adaptive*, *Self-optimizing*, *Self-healing*, *Self-managing*.

3.1.3. Seleção dos Estudos

A seleção procura identificar quais estudos primários proveem evidência para responder às perguntas de pesquisa, e ao mesmo tempo tenta eliminar os estudos não relacionados. Para tal, foram adotados os seguintes critérios:

Critério de Inclusão:

Artigos de conferências, de revistas, de *workshops* e relatórios técnicos.

Critério de Exclusão:

E1: Artigos que não lidam com a seleção dinâmica de serviços;

E2: Artigos que pertencem a um determinado domínio, pois estamos interessados em entender os atributos e métricas que são relevantes para o problema geral de composição dinâmica de serviços;

E3: Artigos que tinham extensões em revistas;

E4: Artigos que datam de antes do ano 2000, quando o padrão de Serviços Web foi publicado;

E5: Artigos que não foram publicados em inglês;

E6: Referências duplicadas;

E7: Artigos que não puderam ser obtidos de bancos de dados eletrônicos ou dos autores;

E8: Artigos lidando exclusivamente com melhorias técnicas à infraestrutura base, como *SOAP*, *WSDL*, *BPEL*, *DAML-S*, *OWL-S*.

E9: Artigos que não mencionam um mecanismo de avaliação de atributos de QoS;

E10: Artigos que não mencionam um *workflow* ou serviços abstratos em um *workflow*;

E11: Artigos que não mencionam serviços candidatos para serviços abstratos;

Justificativa do Critério de Exclusão:

Os critérios de exclusão E1 a E7 são auto explicativos, os restantes merecem uma rápida justificativa:

E8: Artigos que discutem melhorias em tecnologias como *SOAP*(2007) ou *WSDL* (2007) estão normalmente relacionados com a problemática da eficiência da descrição de serviços e com a banda utilizada para transferir ontologias de serviços. Enquanto avanços nessas tecnologias podem afetar a eficiência de transferência dessas descrições, eles não resolvem o problema de selecionar serviços baseados em seus atributos de QoS. Melhorias em linguagens de descrição, como *DAML-S*[Paolucci and Sycara 2003] e *OWL-S* (2004), podem ajudar a encontrar serviços. Destas, só foram excluídas as que não mencionavam nada em relação à correspondência com atributos de QoS.

E9: Para determinar se um conjunto de serviços candidatos atende aos requisitos de uma aplicação, e entre estes qual é a melhor alternativa, é necessário algum mecanismo para avaliar os atributos de QoS. Utilizar somente custo não é o suficiente para o problema em que estamos interessados. Portanto, artigos que não mencionavam algum mecanismo QoS qualidade de serviço anunciada foram excluídos.

E10: Serviços baseados em aplicações são compostos em um *workflow*. Um mesmo conjunto de serviços combinados de uma forma distinta pode apresentar uma qualidade de serviço total diferente. Estamos preocupados com a qualidade de serviço apresentada por toda a aplicação, não pelos serviços individuais. Um mecanismo que não leva em consideração a estrutura do *workflow* não resolve o problema que nos interessa. Portanto, artigos que não mencionam nenhuma noção de *workflow*, ou estrutura de tarefas em um *workflow*, deixaram de ser considerados.

E11: O problema da composição dinâmica envolve escolher um serviço dentre um conjunto de serviços candidatos. A dificuldade está no fato de existirem muitos serviços candidatos, e que uma escolha má poderia ultrapassar o orçamento da aplicação ou resultar em uma qualidade de serviço inadequada. Portanto, artigos que não lidam com a problemática de serviços candidatos múltiplos para um serviço abstrato foram excluídos do estudo.

3.1.4. Extração dos Dados

Em nosso estudo, os seguintes dados foram extraídos, juntamente com o nome dos artigos, de seus autores, e do local e ano de publicação:

- O artigo alega escalabilidade?
- A alegação é baseada em uma avaliação?
- Qual mecanismo foi utilizado para avaliar a escalabilidade da solução?

- Que métricas foram consideradas para avaliar a escalabilidade da solução?
- Que características do domínio de aplicação e do design do sistema foram consideradas para avaliar a escalabilidade, e que intervalo de valores foi utilizado?
- Que técnica foi aplicada na composição de serviços?
- Que atributos de QoS foram considerados para a composição de serviços e quais eram suas restrições, quando especificadas?
- Que função de otimização/utilidade foi empregada para encontrar um conjunto de serviços adequado?

3.2. Processo

O processo de seleção, extração e síntese dos dados seguiu o fluxograma da Figura 2.

A primeira busca eletrônica retornou 13.532 artigos. Somente os 50 primeiros de cada engenho de busca foram considerados, a fim de obter um número gerenciável de artigos. Depois de aplicados os critérios de inclusão, de exclusão e a técnica de *snowballing*, os 32 artigos na Tabela 2 foram selecionados para análise. Os critérios E8-E11 só foram aplicados após uma leitura rápida de todos os artigos que não haviam sido excluídos pelos critérios E1-E7.

Tanto a seleção como a extração dos dados foram realizadas por dois pesquisadores. Dividiram-se os artigos em dois grupos, sendo que um subconjunto foi analisado por ambos os pesquisadores, para verificar consistência. Em seguida, os dados foram sintetizados por um único pesquisador.

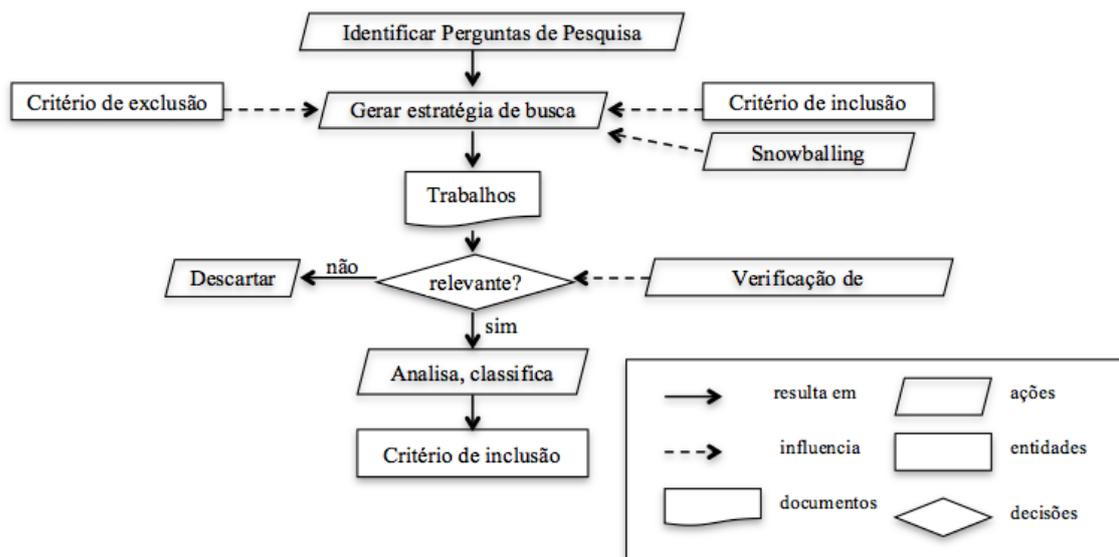


Figura 2. Processo da SLR

3.3. Resultado

Os dados relacionados às perguntas de pesquisa são apresentados abaixo. Eles serão discutidos na seção seguinte.

[RQ1] Como autores na área de composição dinâmica de serviços baseados em QoS estão avaliando a escalabilidade de suas soluções?

Como discutido na Seção 2.1, a análise ordinária de um atributo de qualidade considerando-se a variação de valores em características no domínio de aplicação e no design do sistema, é na realidade, uma análise de escalabilidade. Portanto, nesta revisão sistemática, foi observado que, dos 32 artigos avaliados, 27 apresentavam algum tipo de alegação ou análise de escalabilidade.

Alguns alegavam escalabilidade explicitamente, como no artigo [P2], que tem uma seção intitulada *QoS Mos Scalability*. Nessa seção, os autores analisam o tempo de execução, dada a variação nas quantidades de serviços concretos e de serviços abstratos. Outros trabalhos apresentam análises sem mencionar de maneira explícita o termo “escalabilidade”. Este é o caso de [P10], que testa a percentagem de soluções ótimas, dado um crescente número de serviços a serem combinados. Dos cinco artigos que não avaliam escalabilidade, quatro ([P22][P24][P25][P28]) apresentam exemplos numéricos sem nenhum tipo de variação. Por exemplo, o artigo [P24] mostra os valores da utilidade de oito serviços abstratos e 40 serviços candidatos. Somente um dos artigos revisados, [P28], não apresenta nenhum exemplo numérico.

Nossa SLR também mostra que todos os artigos que apresentam uma análise de escalabilidade (com variação) ou simplesmente uma alegação em relação a algum atributo de qualidade (sem variação), baseiam suas alegações em alguma forma de avaliação. Na maioria das vezes, em 26 artigos, são utilizadas simulações. Os outros sete utilizam testes ou exemplos numéricos.

[RQ2] Que características do domínio de aplicação e do design do sistema estão sendo consideradas para caracterizar a escalabilidade de soluções nesta área, e quais intervalos de valores destas características estão sendo assumidos?

Nossa SLR mostrou que os artigos consideram a variação de uma ampla gama de características, ambos do domínio de aplicação e do design do sistema. Quase todos os artigos consideram o *tamanho do workflow* e o *número de serviços candidatos* em suas análises, respectivamente 29 e 28 artigos. Outras 19 características do domínio de aplicação foram mencionadas, como o número de *atributos de QoS* considerados, o número de *requisições por dia*, a quantidade de *dados transmitida entre serviços* e o número de *ataques a serviços*, entre outras. Com exceção do número de atributos de QoS, que foi mencionado por três artigos, todas as outras características foram listadas por, no máximo, um artigo.

Os intervalos de valores considerados variam ainda mais. Pode-se observar, por exemplo, os intervalos de valores do tamanho do *workflow*; este varia de 5 a 10.000, considerando todos os artigos. No entanto, cada artigo avaliado adota seu próprio intervalo. Por exemplo, o artigo [P2] considera o intervalo [5 – 16], enquanto que o artigo [P15] testa um *workflow* de tamanho [10-100]. Somente um trabalho, o [P4], avalia um *workflow* com mais de 100 serviços. Analogamente, foram considerados de 1 a 2.000 serviços candidatos por serviço abstrato no *workflow*. Cada artigo adotou o seu próprio intervalo.

Em relação ao design do sistema, 16 características foram mencionadas. Algumas variam em uma escala numérica. O artigo [P1], por exemplo, varia o número de *ants* em um algoritmo de *ant colony optimization (ACO)* [P13], entre 3, 6 e 7. Já o artigo [P3] varia o valor do *max non-improving generations (MNIG)*, variável de design que determina uma condição de término, considerando os valores 1.000 a 5.000. Outras características de design representam limiares, como o limite para um modelo estatístico

de volatilidade, em [P16]. Finalmente, outras características representam escolhas de design, como a seleção de algoritmos de construção de árvores em [P12] e o modo de configuração (dinâmico local, dinâmico global e estático) em [P6].

Tabela 2. Artigos selecionados para análise

[P1] Wang X.; Jing Z.; Yang H. 2011. Service Selection Constraint Model and Optimization Algorithm for Web Service Composition. Information Technology Journal	[P2] Calinescu R.; Grunske L.; Kwiatkowska M.; Mirandola R.; Tamburrelli T.; 2011. Dynamic QoS Management and Optimization in Service-Based Systems. IEEE Trans. Softw. Eng.	[P3] Li S.; Chen M. 2010. An adaptive-GA based QoS driven service selection for Web services composition, In Intl. Conf. on Computer Application and System Modeling (ICCSM)
[P4] Ardagna D.; Mirandola R. 2010. Per-flow optimal service selection for Web services based processes. J. Syst. Softw.	[P5] Liu Z.; Xiao R. 2010. Towards Service Selective Optimizing Based on Key Business Process Performance. In 2nd Intl. Conf. on e-Business and Information System Security (EBISS)	[P6] Yang H.; Li Z. 2010. Improving QoS of Web Service Composition by Dynamic Configuration. Information Technology Journal
[P7] Li J.; Zhao Y.; Liu M.; Sun Hd; MaD. 2010. An adaptive heuristic approach for distributed QoS-based service composition, In IEEE Simp. on Computers and Communications (ISCC)	[P8] Sheu R.; Lo W.; Lin C.; and Yuan S. 2010. Design and Implementation of a Relaxable Web Service Composition System. In Intl. Conf. on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CYBERC '10)	[P9] Alrifai M.; Risse T. 2009. Combining global optimization with local selection for efficient QoS-aware service composition. In 18th Intl. Conf. on World wide web (WWW '09)
[P10] Chen Z.; Wang H.; Pan P. 2009. An Approach to Optimal Web Service Composition Based on QoS and User Preferences. In Intl. Joint Conf. on Artificial Intelligence (JCAI '09)	[P11] Guoping Z.; Huijuan Z.; Zhibin W. 2009. A QoS-Based Web Services Selection Method for Dynamic Web Service Composition. In First Intl. Workshop on Education Technology and Computer Science (ETCS '09)	[P12] Hristoskova, A.; Volckaert, B.; De Turck, F. 2009. Dynamic Composition of Semantically Annotated Web Services through QoS-Aware HTN Planning Algorithms, In 4th Intl. Conf. on Internet and Web Applications and Services, 2009. ICIW '09
[P13] Yang, L.; Dai, Y.; Zang B.. 2009. Performance Prediction Based EX-QoS Driven Approach for Adaptive Service Composition, J. Inf. Sci. Eng.	[P14] Chen Z; Yao Q. 2008. A Framework for QoS-aware Web Service Composition in Pervasive Computing Environments, In 3rd Intl. Conf. on Pervasive Computing and Applications (ICPCA'08)	[P15] Ko, J. M.; Kim, C. O. & Kwon, I.-H. 2008. Quality-of-service oriented web service composition algorithm and planning architecture. In Journal of Systems and Software
[P16] Chafle, G.; Doshi, P.; Harney, J.; Mittal, S.; Srivastava, B. 2007. Improved Adaptation of Web Service Compositions Using Value of Changed Information, In IEEE Intl. Conf. on Web Services (ICWS'07)	[P17] Eckert, J.; Repp, N.; 0002, S. S.; Berbner, R. & Steinmetz, R. 2007. An Approach for Capacity Planning of Web Service Workflows. in John A. Hoxmeier & Stephen Hayne, ed., 'AMCIS', Association for Information Systems	[P18] Wancheng N.; Lingjuan H.; Lianchen L.; Cheng W. 2007. Commodity-Market Based Services Selection in Dynamic Web Service Composition. In 2nd IEEE Asia-Pacific Service Computing Conference
[P19] Mohabey, M.; Narahari, Y.;	[P20] Yang Y.; Tang S; Xu Y.,	[P21] Yu T.; Zhang Y.; Lin

Mallick, S.; Suresh, P.; Subrahmanya, S. V. 2007. A Combinatorial Procurement Auction for QoS-Aware Web Services Composition. In IEEE Intl. Conf. on Automation Science and Engineering (CASE'07).	Zhang W., Fang L. 2007. An Approach to QoS-aware Service Selection in Dynamic Web Service Composition. In 3rd Intl. Conf. on Networking and Services (ICNS '07)	K. 2007. Efficient algorithms for Web services selection with end-to-end QoS constraints. ACM Trans.\
[P22] Berbner, R.; Spahn, M.; Repp, N.; Heckmann, O. & Steinmetz, R. 2006, An Approach for Replanning of Web Service Workflows., in Guillermo Rodríguez-Abitia & Ignacio Ania B., ed., 'AMCIS', Association for Information Systems	[P23] Gao A.; Yang D.; Tang S.; Zhang M. 2005. Web Service Composition Using Integer Programming-based Models. In IEEE Intl. Conf. on e-Business Engineering (ICEBE '05)	[P24] Yu T.; Lin K. 2005. A broker-based framework for QoS-aware Web service composition. In IEEE Intl. Conf. on e-Technology, e-Commerce and e-Service (EEE '05)
[P25] Canfora G.; Penta M.; Esposito R.; Villani M. 2005. QoS-Aware Replanning of Composite Web Services. In IEEE Intl. Conf. on Web Services (ICWS '05)	[P26] Zeng L.; Benatallah B.; Ngu A.; Dumas M.; Kalagnanam J.; Chang H. 2004. QoS-Aware Middleware for Web Services Composition. IEEE Trans. Softw. Eng.	[P27] Menasce D. A. 2004. Composing Web Services: A QoS View. In IEEE Internet Computing
[P28] Aggarwal R.; Verma K.; Miller J.; Milnor W. 2004. Constraint Driven Web Service Composition in METEOR-S. In IEEE Intl. Conf. on Services Computing (SCC '04)	[P29] Badidi E.; Esmahi L.; Serhani M. A. 2005. A Queuing Model for Service Selection of Multi-classes QoS-aware Web Services. In 3rd European Conf. on Web Services (ECOWS '05)	[P30] Boone B.; Hoecke S. V.; Seghbroeck G. V.; Joncheere N.; Jonckers V.; Turck F. D.; Develder C.; Dhoedt B. 2010. SALSA: QoS-aware load balancing for autonomous service brokering. J. Syst. Softw.
[P31] Guo H.; Huai J.; Li H.; Deng T.; Li Y.; Du Z.. 2007. ANGEL: Optimal Configuration for High Available Service Composition. In IEEE Intl. Conf. on Web Services, (ICWS'07)	[P32] Serhani M. A.; Dssouli R.; Hafid A.; Sahraoui H. 2005. A QoS Broker Based Architecture for Efficient Web Services Selection. In IEEE Intl. Conf. on Web Services (ICWS '05)	

[RQ3] *Que métricas de software estão sendo adotadas para medir a escalabilidade destas soluções?*

Os trabalhos adotam uma ampla gama de métricas para avaliar a escalabilidade de suas soluções. A maior parte dos trabalhos (18 dos 32) avalia o impacto da variação das características em *tempo de execução*, como [P1], [P15] e [P26]. Quatro artigos utilizam, como sua métrica de escolha, taxas de sucesso e falha na seleção de serviços ([P6][P8][P11][P26]). Os trabalhos [P9], [P14] e [P19] observam o valor da utilidade alcançada, considerando o resultado ótimo, enquanto que os artigos [P12] e [P17] medem os custos. Outras métricas são mencionadas por, no máximo, um artigo, como o *valor de adequação* (fitness) do algoritmo, a *média dos QoS violados*, *speedup*, *complexidade de tempo*, *percentagem de soluções ótimas*, *tempo de interrupção* causado pelo processo de re-seleção, *QoS agregada*, *uso de memória*, e *disponibilidade*. Aproximadamente metade dos artigos, 15 dos 32, utiliza mais de uma métrica para avaliar suas soluções.

[Outras observações]

Outra fonte de variação entre os artigos está nas técnicas de composição dinâmica de serviços utilizadas. No conjunto de artigos avaliados, são adotadas 26 técnicas diferentes e sete funções de otimização/utilidade para encontrar um bom conjunto de serviços concretos. Das funções de otimização, a mais popular é a soma ponderada, adotada por 20 artigos.

Outra fonte de variação são as QoS consideradas para a composição de serviços – Mencionam-se 21 qualidades. Observe-se que estas são diferentes das qualidades utilizadas na avaliação de escalabilidade. A maior parte das soluções adotou *tempo de execução* (27 artigos), seguido por *custo* (21 artigos), *disponibilidade* (19 artigos) e *confiabilidade* (18 artigos). Outras QoS mencionadas foram *throughput*, *popularidade / reputação*, *taxa de sucesso*, *facilidade de composição* e *qualidade da documentação*. O número de QoS consideradas também variou. A maior parte dos artigos, 27 dos 32, usam entre 2 e 6 QoS. Somente dois, [P9] e [P7], usam um número maior de QoS, 9 e 10, respectivamente. Três artigos não especificaram quais são as QoS utilizadas.

3.4. Discussão e Trabalhos Futuros

A presente revisão sistemática buscou identificar se, e como, autores no domínio de composição dinâmica de serviços estão avaliando a escalabilidade de suas soluções. Tal análise permite-nos avaliar se existe (1) uniformidade na avaliação de escalabilidade; e, ao mesmo tempo (2) um conjunto comum de variáveis com as quais os autores, neste domínio, devem preocupar-se ao desenvolver suas soluções. Com este objetivo, foi construído e seguido um protocolo, como definido por Kitchenham and Charters (2007).

A seguir serão discutidos os resultados desta revisão, assim como as ameaças à sua validade, e uma proposta de trabalhos futuros.

3.4.1. Discussão dos Resultados

A resposta à pergunta RQ1 confirma que escalabilidade é realmente importante no domínio de composição dinâmica de serviços baseados em QoS. A maior parte dos autores tenta justificar as suas alegações de escalabilidade (explícitas ou não) com avaliações das qualidades de software de interesse, dadas as variações de características no domínio de aplicação e no design do sistema. No entanto, as respostas para as perguntas RQ2 e RQ3 demonstram que estas avaliações variam muito.

Com relação às características cujos valores variam (RQ2), os autores estão preocupados tanto com o domínio da aplicação quanto com o design do sistema. Existe um acordo geral de que o tamanho do *workflow* e o número de serviços candidatos devem ser considerados. Alguns trabalhos também concordam que o número de atributos de QoS é importante. No entanto, para todas as outras quantidades do domínio de aplicação, cada artigo tem suas próprias preocupações. Em relação às características do design do sistema, não existe nenhum consenso sobre quais delas são de interesse. Isto era esperado, dado que cada estudo tem a sua própria abordagem para a composição de serviços. Os valores considerados para as características do domínio de aplicação e do design do sistema também diferem amplamente. Mesmo em relação às variáveis mais utilizadas, como tamanho do *workflow* e o número dos serviços candidatos, os intervalos variam em ordens de magnitude.

Em relação às métricas usadas para medir a escalabilidade das soluções (RQ3), dos trabalhos concordam que o tempo de execução deve ser uma preocupação importante, seguido das taxas de sucesso/falhas, da utilidade e dos custos. O estudo também revelou muitas outras métricas menos populares. Adicionalmente, cada trabalho avaliou a sua própria combinação de métricas.

Todas estas diferenças na análise de escalabilidade das soluções não surpreendem, uma vez que também foi observada uma ampla gama de técnicas utilizadas para a composição dinâmica de serviços, incluindo diferentes atributos de QoS e funções de otimização. O fato de que não existe um único conjunto de métricas e de características que seja adequado para todas as soluções deste domínio é consistente com a visão de escalabilidade em Duboc et. al (2007).

O problema com esta falta de uniformidade é que autores trabalhando na área de composição dinâmica de serviços podem encontrar dificuldades em planejar a avaliação de escalabilidade de suas soluções, ou até mesmo em comparar a escalabilidade de suas abordagens com as outras existentes na literatura. O que esses autores necessitam é de um mecanismo sistemático para a seleção de métricas e características a serem utilizadas em suas análises de escalabilidade. Tal mecanismo, permitiria identificar, para cada solução, quais aspectos do domínio de aplicação e do design do sistema podem afetar a escalabilidade do mesmo. A utilização de abordagens *ad-hoc* pode resultar no esquecimento de variáveis relevantes para a análise.

3.4.2. Ameaças à Validade da SLR

A fim de reconhecer as limitações desta revisão sistemática, são discutidas suas ameaças à validade:

Validade de Constructo está preocupada em estabelecer as medidas operacionais corretas para os conceitos que estão sendo estudados. Nosso estudo busca entender como autores em composição dinâmica de serviços baseada em QoS estão avaliando a escalabilidade de suas soluções. As medidas nele coletadas foram listadas na Seção 3.1.4. O maior risco envolvendo estas medidas diz respeito à sua adequação para responder às perguntas de pesquisa. Acreditamos que as medidas coletadas são suficientes para prover uma caracterização justa do estado-da-arte na análise de escalabilidade, de acordo com a definição de Duboc et. al (2007).

Validade Interna estabelece um relacionamento causal, no qual se demonstra que certas condições levam a outras condições. No contexto, as principais ameaças são a seleção incompleta ou errada de estudos primários e o viés dos pesquisadores individuais na avaliação dos estudos. Para atenuar tais ameaças, seguiu-se um protocolo pré-definido. A seleção dos estudos e a extração dos dados foi feita por dois pesquisadores, dado que parte dos artigos foi analisada por ambos para garantir consistência. A decisão de computar os primeiros 50 artigos em cada engenho de busca é um tanto arbitrária. Qualquer artigo classificado abaixo deste limiar foi perdido. Também os valores inferidos dos gráficos publicados nos artigos são aproximados, em razão da baixa resolução de alguns deles. Portanto, esses valores podem ser internamente consistentes, mas não são necessariamente exatos.

Validade Externa está relacionada com a generalização dos achados dos estudos. O escopo do nosso estudo é a área de análise de escalabilidade da composição dinâmica de serviços baseados em QoS. Houve, da nossa parte, a decisão consciente de utilizar

somente bancos de dados acadêmicos. O que exclui automaticamente relatórios comerciais e apresentações não indexadas naqueles engenhos. É possível que alguma entidade comercial que não publica em meios acadêmicos tenha uma forma diferente de medir escalabilidade.

3.4.3. Trabalhos Futuros

A falta de uniformidade no tratamento da escalabilidade, no domínio de composição dinâmica de serviços baseadas em QoS, pode representar certa dificuldade para autores e *stakeholders* na área. Esta é, entretanto, uma situação inevitável, dada a ampla gama de técnicas existentes. Para resolver o problema, pretendemos investigar o uso do Framework KAOS [Lamsweerde 2008][Duboc 2013] no estabelecimento das características que afetam as metas de qualidade de interesse do sistema, assim como as métricas que as quantificam. Espera-se com tal abordagem obter um modo sistemático de ajudar os autores a planejar, implementar e avaliar a escalabilidade de suas infraestruturas de composição dinâmica de serviços, assim como permitir que stakeholders comparem a escalabilidade de soluções alternativas.

4. Referências

- Budgen, D., Turner, M. Brereton, P. and Kitchenham, B. (2008) “Using Mapping Studies in Software Engineering”. In Proceedings of PPIG 2008, Lancaster University, pp.195-204.
- Dar, K., Taherkordi, A., Rouvoy, R., Eliassen, F.: (2011) “Adaptable service composition for very-large-scale internet of things systems”. In: Proceedings of the 8th Middleware Doctoral Symposium, MDS '11, pp. 2:1 {2:6. ACM
- Duboc L., Letier E., and Letier D. (2013) “Systematic elaboration of scalability requirements through goal-obstacle analysis,” *Software Engineering, IEEE Transactions on*, vol. 39, no. 1, pp. 119 –140, jan. 2013.
- Duboc L., Rosenblum D. and Wicks T. (2007) “A framework for characterization and analysis of software system scalability”. Proceedings of the the 6th joint meeting of the European software engineering conference and the ACM SIGSOFT symposium on The foundations of software engineering - ESEC-FSE '07, page 375, 2007. 41, 103.
- Gao A., Yang D., Tang S. and Zhang M.(2005). “Webservice composition using integer programming-based models”. *IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE'05)*, pages 603–606, 2005. 42, 43
- Gu Q. and Lago P. (2009) “Exploring service-oriented system engineering challenges: a systematic literature review,” *Service Oriented Computing and Applications*, vol. 3, no. 3, pp. 171–188, Jul.
- Issarny, V., Georgantas, N., Hachem, S., Zarras, A., Vassiliadis, P., Autili, M., Gerosa, M. and Hamida, A. (2011) 'Service-oriented Middleware for the Future Internet: State of the Art and Research Directions', *Journal of Internet Services and Applications* 2 (1) , 23-45 .

- Kitchenham B. A. and Charters S. (2007) “Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering”. *Evidence-Based Software Engineering*, (EBSE 2007- 001), 2007. 27, 36
- Kitchenham B., Dyba T. and Jorgensen M. (2004) “Evidence-based software engineering,” *Proceedings. 26th International Conference on Software Engineering*, pp. 273–281.
- Ko J., Kim C., and Kwon I. (2008)“Quality-of-service oriented web service composition algorithm and planning architecture”. *Journal of Systems and Software*, 81(11):2079–2090. xi, 42, 45
- Lamsweerde A. (2008)“Systematic Requirements Engineering: From System Goals to UML Models to Software Specifications”. John Wiley & Sons.
- Leite, L. A. F., Oliva, G. A., Nogueira, G. M., Gerosa, M. A., Kon, F. & Milojicic, D. S. (2013). A systematic literature review of service choreography adaptation..*Service Oriented Computing and Applications*, 7, 199-216.
- OWL-S: Semantic Markup for Web Services. (2004) Disponível em: <http://www.w3.org/Submission/OWL-S/> Acessado em: Out. 2013.
- Paolucci, M.; K. Sycara (2003). "Autonomous Semantic Web services". *Internet Computing (IEEE)* 7 (5): 34–41
- Sheth J., A., Miller J., Arnold J. and Kochut K.(2004) “Quality of service for workflows and web service processes,” *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, vol. 1, no. 3, pp. 281–308.
- SOAP 1.2. - Simple Object Access Protocol Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (2007). Disponível em: <http://www.w3.org/TR/soap12/> Acessado em: Out. 2013.
- Winter V. L., Berg R. S. and Ringland J. T.(2001) “High integrity software.” Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, pp. 115–135. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=503188.503196>
- WSDL 2.0 - Web Services Description Language Version 2.0 Part 1: Core Language. (2007) Disponível em: <http://www.w3.org/TR/wsdl20/> Acessado em: Out. 2013.
- Yu T., Zhang Y., and Lin K. (2007) Efficient algorithms for Web services selection with end-to-end QoS constraints. *ACM Transactions on the Web*, 1(1):6–32, May 2007. 27, 42, 44, 45
- Zeng L., Benatallah B., Ngu A.H.H., Dumas M., Kalagnanam J. and Chang H. (2004)“QoS-aware middleware for Web services composition”. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 30(5):311–327

Estudo de Caso: o Centro de Suporte da Empresa X - Aplicação de técnicas estatísticas para apoio à gestão de serviços

Luiz Henrique Oliveira Ferreira, Regina Serrão Lanzillotti

Instituto de Matemática e Estatística– Programa de Pós-Graduação em Ciências
Computacionais – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Luiz.henrique@e-done.com, reginalanzillotti@terra.com.br

***Abstract.** Customer satisfaction is a goal to any IT Service Provider and in that matter a rightsized Support Center has a key role. This paper presents a case study based on real data coming from a real Support Center, using statistical techniques to figure out the typical user demand, providing to its managers info & tools to recognize tendencies and seasonal movements. Performing Exploratory Data Analysis and Time Series Analysis, annual and monthly ticket distributions were assessed in order to find out the typical ones; once that was accomplished, the study delved into typical daily demand distributions, aiming to help managers in human resources allocation, for instance.*

***Resumo.** A satisfação dos seus clientes é um dos objetivos fundamentais de um prestador de serviços de TI e neste aspecto o atendimento de suporte tem papel de destaque. Este artigo faz um estudo de caso sobre os dados de atendimento de um centro de suporte real, com o uso de técnicas estatísticas, para caracterizar e tipificar a demanda dos clientes, gerando informações de que os gestores podem se valer para lidar com ela e reconhecer as tendências e movimentos sazonais. Conduzindo uma análise exploratória de dados e análise das séries temporais, foram avaliadas as frequências de chamados por períodos (anual e mensal), as características das distribuições e a curva de demanda de um dia típico para orientar a alocação de recursos técnicos para atendimento*

1. Introdução

1.1. Apresentação

A empresa X era um fabricante global de equipamentos de informática e redes e, em certos mercados, atuava também na prestação de serviços de suporte para os clientes consumidores de seus produtos. No Brasil, a empresa X mantinha um Centro de Suporte voltado para o atendimento dos usuários corporativos. Nele estavam alocados técnicos, analistas e engenheiros aos quais eram direcionados os chamados com base na complexidade de cada tarefa.

De maneira simplificada, as demandas encaminhadas ao Centro de Suporte eram classificadas em chamados do Tipo 1 (serviços de instalação, upgrades e melhorias de configuração, tratados de forma planejada) e do Tipo 2 (restabelecimento do status operacional, em virtude de falhas no funcionamento dos equipamentos ou serviços associados).

Assim como na maioria dos serviços similares, quanto mais chamados atendidos, maior era a receita do Centro de Suporte. A quantidade de chamados do Tipo 1 podia sofrer influência de campanhas de venda ou ações promocionais, que fomentavam a demanda por novas instalações ou melhorias operacionais; já os chamados do Tipo 2 estavam sujeitos a circunstâncias essencialmente aleatórias.

Este artigo ajuda a resolver o desafio de oferecer aos gestores da empresa X instrumentos para equilibrar seus recursos (principalmente técnicos e especialistas) com a demanda dos clientes. Como qualquer outra empresa, ela tinha especial interesse em maximizar seus lucros, então desejava o menor custo possível para seu Centro de Suporte. Na outra ponta da cadeia de serviços, os clientes desejavam o atendimento imediato de suas demandas, sem se importar com o ônus que isto poderia representar para a empresa X. Esta problemática pode ser vista também em (FUKUNAGA, et al., 2002), (SICA & RIBEIRO, 2010) e (YONAMINE, 2006); esses trabalhos têm foco em call centers, mas há semelhança entre estes e o Centro de Suporte estudado.

O foco da análise recaiu sobre os chamados do Tipo 1, mas as técnicas e métodos aqui descritos podem ser replicados para os demais chamados. Ressalte-se que a limitação de recursos disponíveis na empresa X orientou a escolha feita neste trabalho, de usar apenas métodos clássicos (SPIEGEL, 1972) (ALVES, et al., 2009) (BOUZADA, 2012) e ferramentas de domínio geral, especialmente o MS Excel.

1.2. Objetivos

Este artigo visa identificar os padrões de demanda do Centro de Suporte para que os recursos técnicos sejam alocados de forma adequada. Os dados coletados foram usados para tentar modelar a demanda, projetar tendências e sazonalidade. Busca-se caracterizar tipicidade:

- (1) Na distribuição de atividades ao longo do tempo, para antecipar a demandas futuras e realizar ajustes na operação do Centro de Suporte;
- (2) Na distribuição diária de atividades, para definir as escalas de trabalho.

1.3. Abordagem, técnicas e métodos

Na análise foi usado o conjunto de dados relacionados ao atendimento prestado pelo Centro de Suporte da empresa X no período de **01/11/08 até 10/11/11**. Os dados foram obtidos a partir de relatórios de atendimento e representam uma amostra de **24.239 chamados**, extraídos a partir de um conjunto de 39.800 chamados; a redução é devida ao expurgo de dados sem consistência ou não relacionados a serviços da empresa X.

Na Seção 2.1 é realizada uma análise exploratória dos dados, focando na distribuição de chamados por dia ao longo de todo o período da amostra. Os dados foram também estratificados em períodos de um ano. Medidas de posição (média, moda e mediana) e de dispersão (desvio padrão, variância, coeficiente de variação etc) foram usadas para caracterizar as distribuições, mas a grande variabilidade dos dados não ensejou aderência à distribuição normal e apontou a necessidade de uma análise da série temporal, o que é feito na Seção 2.2.

A análise da série seguiu o método clássico para a determinação dos componentes de Tendência (T), Sazonalidade (S), Cíclicos (C) e Irregulares (I) (SPIEGEL, 1972, pp. 468-502) (REIS, 2013, pp. 1-25 [cap. 4]). Embora tenham sido

feitos ensaios tanto com o modelo multiplicativo ($Y = TSCI$) quanto com o modelo aditivo ($Y = T+S+C+I$) de decomposição da série, o primeiro se mostrou mais adequado pela avaliação de acuracidade para a série (REIS, 2013) e é o que foi usado neste trabalho. O modelo mais acurado é aquele cujos indicadores de erro têm menores valores. Os seguintes indicadores foram calculados:

EAM (Erro absoluto médio):

$$EAM = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |e_t|$$

EQM (Erro quadrático médio):

$$EQM = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N e_t^2$$

EPM (Erro percentual médio):

$$EPM = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left[\frac{e_t}{Y_t} \times 100 \right]$$

EPAM (Erro percentual absoluto médio):

$$EPAM = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{e_t}{Y_t} \times 100 \right|$$

Sendo $e_t = Y_o - Y_t$, ou seja, no momento t , o erro é a diferença entre o valor original da série e o valor obtido quando se recompõe a série com as componentes T , S , C e I obtidas.

Para a determinação da tendência foram aplicadas na Seção 2.2.1 várias técnicas de ajuste de curvas mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Métodos de ajuste de curva usados

Tendência/Equação	Método de cálculo
Linear ($y = a + bt$)	Os termos a e b foram determinados pelo método dos mínimos quadrados
Quadrática ($y = a + bt + ct^2$)	Os termos a , b e c foram determinados pelo método dos mínimos quadrados
Exponencial ($y = ab^t$)	A equação $y = ab^t$ foi logaritimizada em $\ln y = \ln a + t(\ln b)$, então foi aplicado o método dos mínimos quadrados
Média móvel (MM) centrada de 12 meses	O cálculo da média móvel é amplamente discutido em (SPIEGEL, 1972) (REIS, 2013). Resta comentar que o uso da média móvel tem a deficiência de não produzir valores na linha de tendência para o início e o fim da série, e esta situação pode ser prejudicial quando da necessidade de se obter valores de previsão após o período coletado.
Média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) ($y_t = wy_o + (1-w)y_{t-1}$, $0 < w < 1$)	(REIS, 2013) ensina que w é o peso aplicado ao ajuste exponencial e y_o e y_t , respectivamente, o valor observado e o valor estimado pela curva no tempo t . Este método também é chamado de suavização exponencial (PELLEGRINI & FOGLIATTO, 2001) (MILESKI JUNIOR, 2007)

Os índices de sazonalidade foram calculados na Seção 2.2.2, usando os métodos do percentual mensal, das médias móveis e dos elos relativos.

Para o método dos percentuais mensais, precisou ser calculada a relação entre a

quantidade de chamados do mês e a média do período anual, $R = \frac{Y_t}{\left(\frac{\sum Y_t(per)}{12}\right)}$, onde Y_t é o valor da série no mês t e $\sum Y_t(per)$ o somatório dos Y_t do período anual a que t pertence. Para o método das médias móveis, foi calculada a relação entre a quantidade de chamados do mês e o valor da média móvel em t , $R = \frac{Y_t}{MM_t}$, com MM_t sendo igual à média móvel do momento t . Finalmente, para o método dos elos relativos, foi calculada a relação entre a quantidade de chamados do mês e a do mês anterior, $R = \frac{Y_t}{Y_{t-1}}$. Cada $m = t \bmod 12$, corresponde a um mesmo mês do ano (janeiro, fevereiro etc). Os índices de sazonalidade para cada mês m foram obtidos pela média dos quocientes R desse mês. Em alguns casos, as médias precisaram ser ajustadas para que a soma dos índices calculados fosse compatível com o período anual (1200%), conforme descrito em (SPIEGEL, 1972, p. 488).

A escolha sobre qual conjunto de índices de sazonalidade seria usado na continuidade do trabalho envolveu a avaliação dos coeficientes de variação desses índices em cada mês m quando comparados aos quocientes dos meses $t = 12m$.

Os dados da série foram desestacionalizados na Seção 2.2.3. A desestacionalização da série $\left(\frac{Y}{S} = TCI\right)$ permite remover dela as componentes sazonais, cujos índices foram calculados na Seção 2.2.2.

O estudo das variações cíclicas e irregulares da série é mostrado na Seção 2.2.4. Para este estudo, parte-se da série com os dados desestacionalizados, removendo-se, então, a tendência. Foram feitos ensaios de remoção de tendência com as várias curvas T obtidas pelos métodos citados na Tabela 1. Em função dos dados disponíveis, que se espalham em apenas três anos, não cabe supor a existência de uma componente cíclica na decomposição da série, já que os ciclos normalmente se revelam no longo prazo e apresentam alguma periodicidade (embora nem sempre tomada em tempos iguais) (SPIEGEL, 1972). Portanto, uma vez removida a tendência, os modelos trabalhados revelaram as variações irregulares, apesar das referências a CI .

A Seção 2.2.5 ajusta o patamar da série de chamados, revelando uma nova série que é estudada na Seção 2.2.6. Uma análise qualitativa dos achados é mostrada na Seção 2.3.

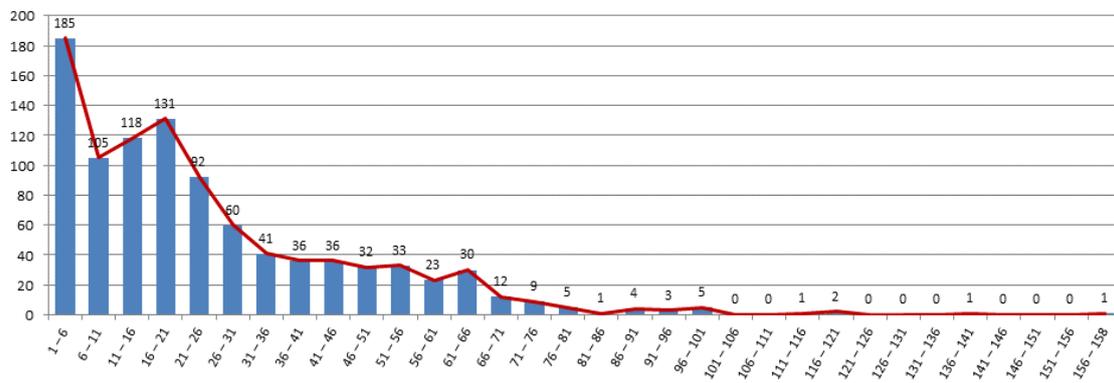
Toda a Seção 2.4 trata de avaliar a curva de demanda de trabalho diária, com o objetivo de determinar as necessidades de pessoal. Vários autores abordam a questão da montagem de escalas de trabalho, como (ROBBINS & HARRISON, 2010), (MUSLIU, et al., 2004), (MENDES, et al., 2006), (GÄRTNER, et al., 2001) e (BARBOSA, 2010). Esses trabalhos são bastante elaborados, com técnicas e métodos que dificilmente seriam aplicados na empresa X (consideradas a ausência de gestores capacitados e a restrição de recursos). Comum entre aqueles trabalhos é o fato de partirem de uma demanda já determinada para produzir as escalas; aqui procuramos avaliar os dados reais do Centro de Suporte para determiná-la.

2. Aplicação

2.1. Análise da distribuição dos chamados

A primeira análise da distribuição de chamados por dia cobriu todo o período da amostra e se mostrou bastante longe da distribuição normal (Figura 1). Chamam a atenção a moda de valor baixo (comparada à média e à mediana) e a pequena quantidade de ocorrências esparsamente distribuídas a partir da frequência acumulada de 92,3%.

Dos 50 dias em que ocorreram os valores iguais à moda, 45 referem-se a sábados e domingos e outros 3 a feriados ou pontos facultativos. Com isto, duas populações ficaram caracterizadas: a dos dias úteis (seg, ter, qua, qui, sex) e a dos dias não úteis (dnu = sab, dom e feriados), cuja distribuição percentual é mostrada na Figura 2 (esta situação já era percebida no Centro de Suporte e a alocação de recursos para cobertura de dias não úteis não guardava semelhança com a dos dias úteis).



Número de valores = 966	Mediana ch/dia = 19
Amplitude total = 157 (Máx=158, Mín=1)	Desvio padrão = 21,68 (Coef. Variação = 0,86)
Média h/dia = 25,19	Coef. Assim. pelos momentos (a_3) = 1,46 (assimetria à direita)
Moda ch/dia = 2 (50 ocorrências)	Coef. Curtose pelos momentos (a_4) = 5,99 (leptocúrtica)

Figura 1. Distribuição de frequências (chamados por dia)

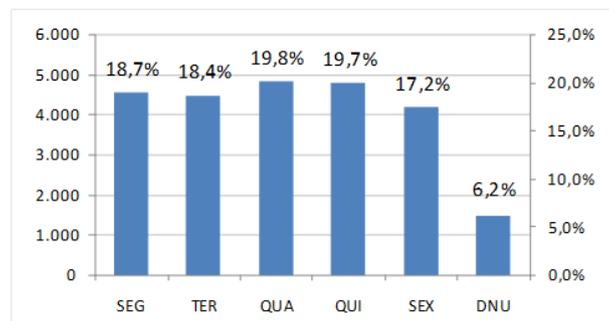


Figura 2. Distribuição de chamados por dia da semana

A população mais expressiva da amostra representa cerca de 94% dos dados (ocorrências em dias úteis). A outra população foi descartada da análise.

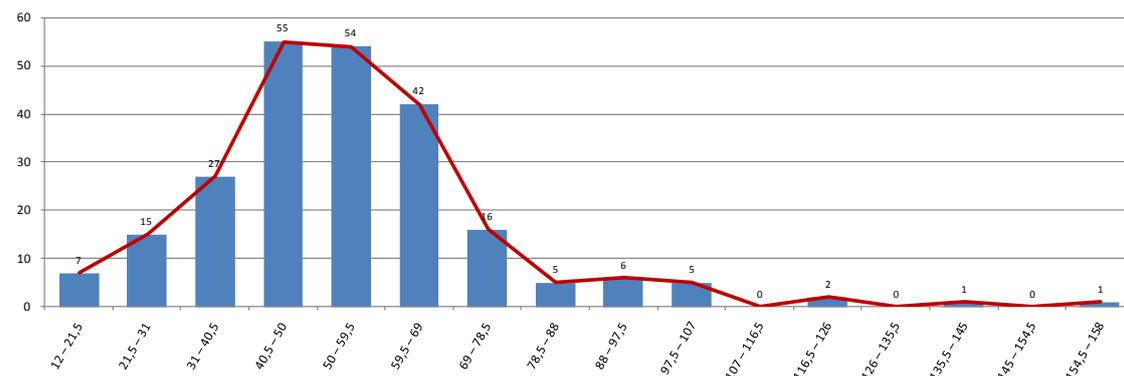
No outro extremo da distribuição de frequências há 51 ocorrências de valores iguais ou superiores a 66 chamados por dia, todas no período de um ano a partir de

Nov/08 (ver Tabela 2), o que sugere fortemente outra população na amostra coletada. Os dados foram então estratificados em períodos de um ano, buscando similaridades ou padrões em cada período, de novembro de um dado ano até outubro do ano seguinte. O mês de novembro de 2011 foi descartado (os dados coletados são insuficientes para caracterizá-lo, pois só vão até o dia 10, tampouco ele seria bastante para um novo período anual).

Tabela 2. Distribuição dos dias com quantidade de chamados ≥ 66

Ano	2008		2009								Total geral 51
Mês	nov	dez	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	
Total	4	3	1	11	4	7	5	6	7	3	

O resultado dessa estratificação aparece nas Figuras 3,4 e 5. As distribuições se aproximam mais da distribuição normal, mas verifica-se ainda assimetria à direita em todas elas e, tal como na distribuição inicial, pequena quantidade de valores esparsamente distribuídos a partir das frequências acumuladas próximas a 92-93%. Mesmo com o coeficiente de variação no entorno de 40% em todos os períodos, as medidas de posição para o 1º período (de Nov/08 a Out/09) são consideravelmente maiores que as dos períodos seguintes. O coeficiente de curtose mostra que a concentração dos valores em torno da moda nos períodos de Nov/09 a Out/10 e Nov/10 a Out/11 é maior. Em síntese, temos um período com maior atividade e dois períodos com atividade menor e mais similar. Com isto, passamos à análise da série temporal, vista na próxima seção.



Número de valores = 236

Mediana ch/dia = 52,5

Amplitude total = 146

(Máx=158, Mín=12)

Desvio padrão = 19,8

(Coef. Variação = 0,37)

Média ch/dia = 54,23

Coef. Assim. pelos momentos (a_3) = 1,41

(assimetria à direita)

Moda ch/dia = 54

(11 ocorrências)

Coef. Curtose pelos momentos (a_4) = 7,62

(leptocúrtica)

Figura 3. Distribuição de frequências (chamados por dia - Nov/08 a Out/09)

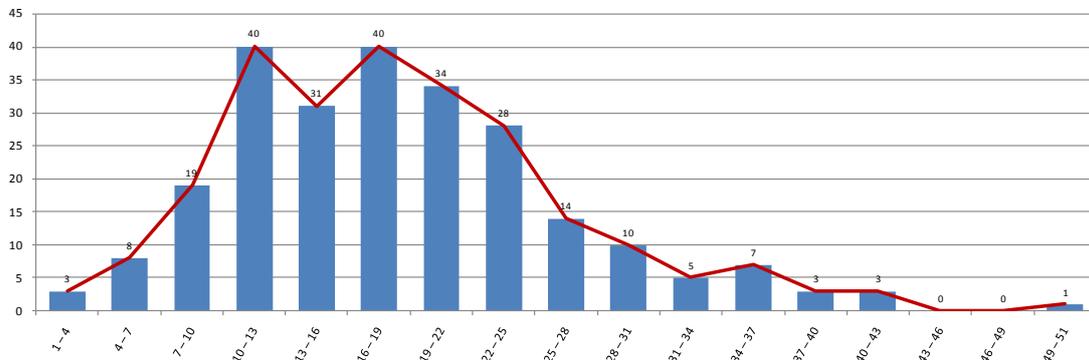


Número de valores = 234
 Amplitude total = 63 (Máx=64, Mín=1)
 Média ch/dia = 22,15
 Moda ch/dia = 23 (13 ocorrências)

Mediana ch/dia = 21
 Desvio padrão = 10,59
 Coef. Assim. pelos momentos (a3) = 0,93
 Coef. Curtose pelos momentos (a4) = 4,56

(Coef. Variação = 0,37)
 (assimetria à direita)
 (leptocúrtica)

Figura 4. Distribuição de frequências (chamados por dia - Nov/09 a Out/10)



Número de valores = 246
 Amplitude total = 48 (Máx=51, Mín=3)
 Média ch/dia = 18,97
 Moda ch/dia = 12 (18 ocorrências)

Mediana ch/dia = 18
 Desvio padrão = 8,05
 Coef. Assim. pelos momentos (a3) = 0,6
 Coef. Curtose pelos momentos (a4) = 3,73

(Coef. Variação = 0,42)
 (assimetria à direita)
 (leptocúrtica)

Figura 5. Distribuição de frequências (chamados por dia - Nov/10 a Out/11)

2.2. Análise da série temporal

Em primeiro lugar, como a contagem de dias úteis de Nov/08 a Out/11 apresentou média igual a 19,9, mediana igual a 20 e CV igual a 11,5%, considera-se neste estudo que cada mês é composto de aproximadamente 20 dias úteis. Os dados da série foram organizados com períodos anuais iniciando-se em Novembro e indo até Outubro do ano posterior. A representação gráfica da série mensal relacionada à ocorrência de chamados é mostrada na Figura 6.

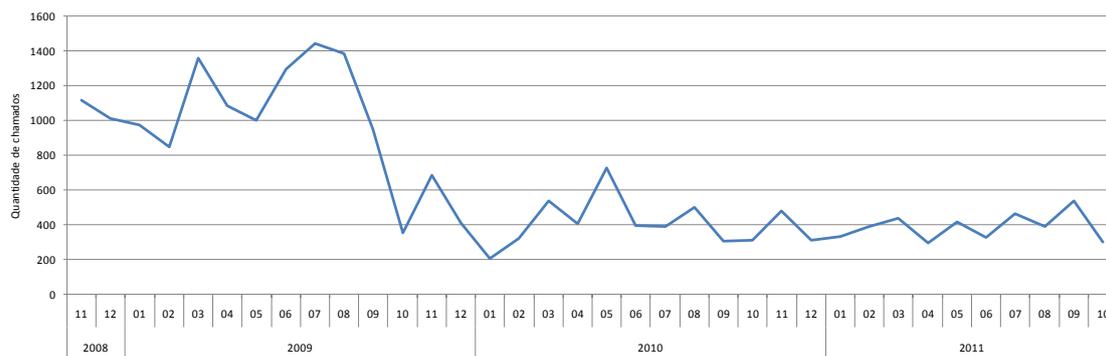


Figura 6. Quantidade de chamados por mês (Nov/08 a Out/10)

2.2.1. Análise de Tendência – ajuste da série à curva de tendência

Usando os métodos descritos na Tabela 1, foram feitos ensaios para ajuste da curva, cujas representações gráficas são mostradas na Figura 7 e na Figura 8.

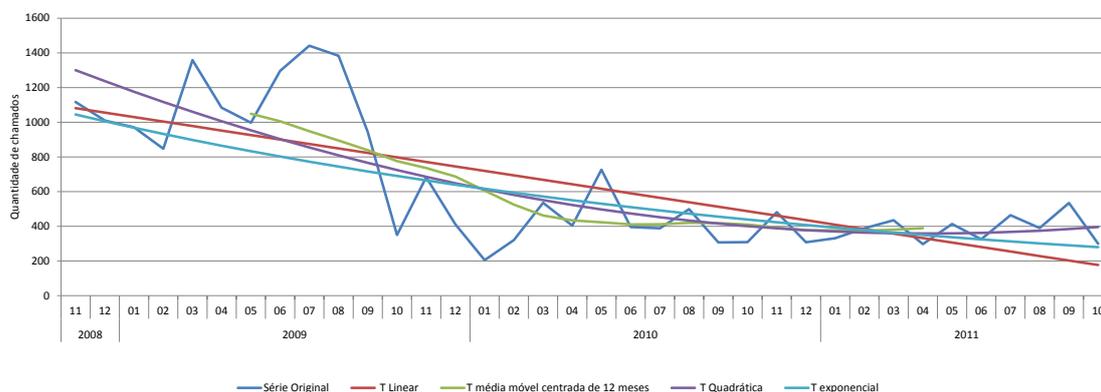


Figura 7. Ajuste de curvas (MM, linear, quadrática e exponencial) p/análise de tendência da série temporal dos chamados

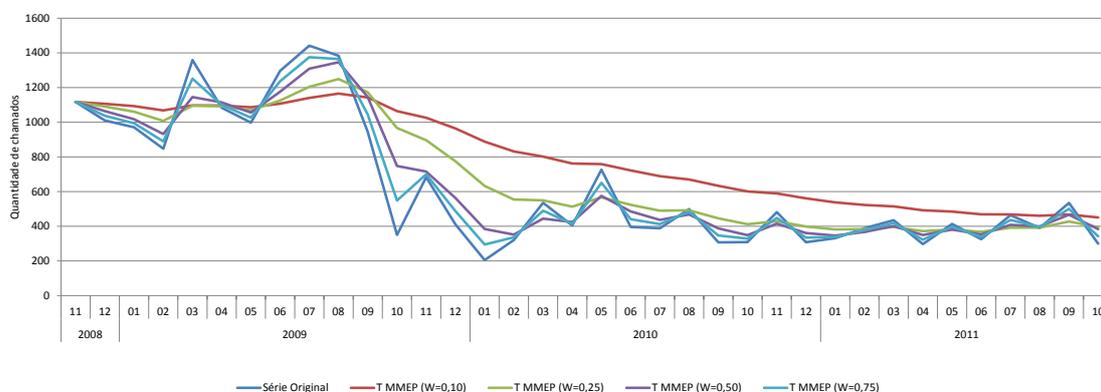


Figura 8. Ajuste de curvas (MMEP) p/análise de tendência da série temporal dos chamados

Para cada curva usada no ajuste, há um resíduo, que é a diferença entre o valor estimado para a série pela curva e o valor efetivamente observado na série. A Tabela 3, mostra as variâncias dos resíduos para a série estudada, sendo a curva que melhor se ajusta a ela a de menor variância.

Tabela 3. Avaliação do ajuste da série à curva de tendência

Tendência		Variância residual
Linear ($y = 1107,1 - 25,8t$)		60.221,17
Quadrática ($y = 1366,11 - 66,73t + 1,11t^2$)		48.864,88
Exponencial ($y = 1084,27 \times 0,963^t$)		56.370,96
Média móvel (MM) centrada de 12 meses		49.809,59
Média móvel exponencialmente ponderada (MMEP)	w = 0,10	52.200,64
	w = 0,25	29.959,93
	w = 0,50	11.529,95
	w = 0,75	2.882,49

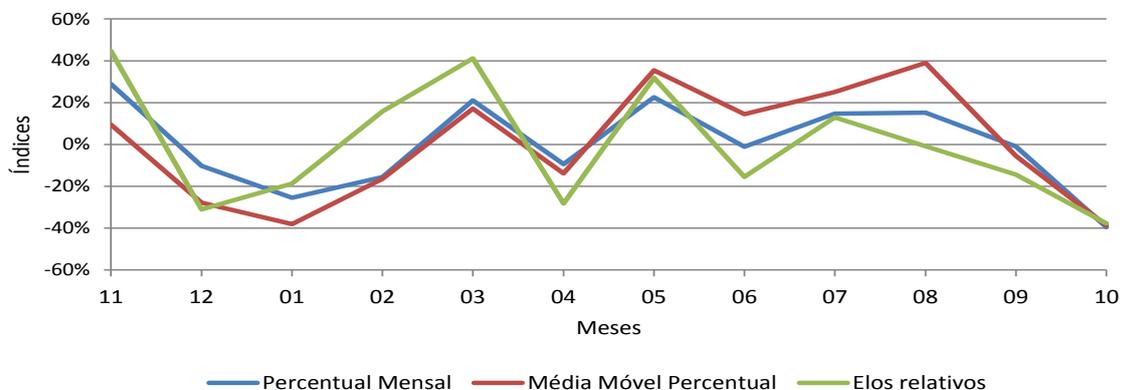
Observando as variâncias residuais de cada curva e os gráficos anteriores, podem ser feitas as seguintes considerações sobre o ajuste da curva de tendência:

- (1) Embora para os fins deste trabalho a falta de valores de tendência no fim e no início da série não seja estritamente prejudicial, o uso da média móvel centrada de 12 meses foi descartado;
- (2) Comparando as tendências quadrática e exponencial, apesar desta possuir uma variância residual menor que aquela, a última parece captar de maneira mais adequada certa tendência de queda dos valores da série ao longo do tempo;
- (3) A MMEP, quando calculada com pesos maiores ajusta bem a série, mas prejudica a visão da tendência.

2.2.2. Cálculo dos Índices de Sazonalidade

O gráfico da Figura 9 mostra os índices de sazonalidade calculados, com uma linha correspondendo a cada um dos métodos.

Apesar das variações características de cada método, vê-se que os três conseguem capturar em linhas gerais os movimentos de altas e baixas no número de chamados.

**Figura 9. Índices de sazonalidade**

Neste trabalho foi feita a opção pelo método das percentagens médias, que não apresenta o inconveniente da ausência de valores calculados para os meses de início e fim da série (como na a média móvel) e que conduz a menores coeficientes de variação

em relação aos valores mensais de cada período que os outros métodos (Figura 10, sendo mostrados os índices determinados pelo modelo multiplicativo).

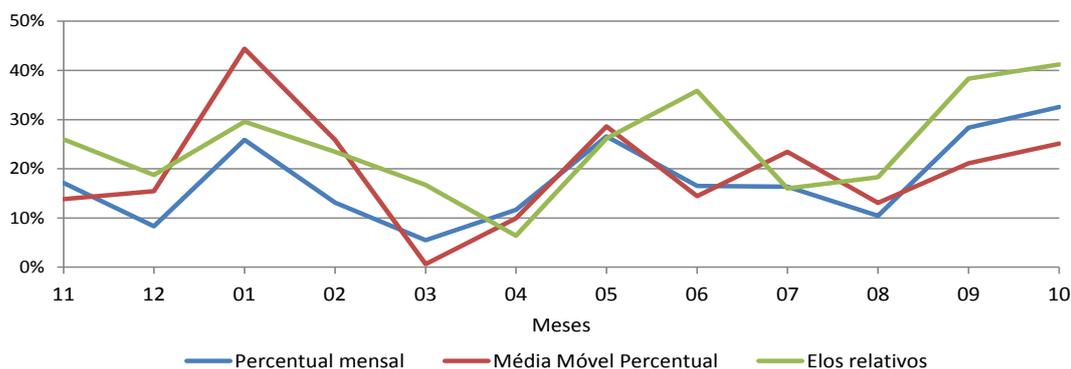


Figura 10. CVs dos índices de sazonalidade em relação às variações mensais

2.2.3. Desestacionalização da série

Os índices de sazonalidade determinados na seção anterior são usados para o cálculo dos valores da série desestacionalizada³. O gráfico da Figura 11 mostra a série original comparada com aquela cujos dados foram desestacionalizados.

Aqui tem-se uma primeira percepção de que, apesar do apuro da aplicação das técnicas, os resultados não deixam de ser um pouco decepcionantes para o objetivo de buscar *tipicidade* na distribuição de atividades ao longo do tempo. As curvas de dados desestacionalizados parecem remeter alguma *tipicidade*?

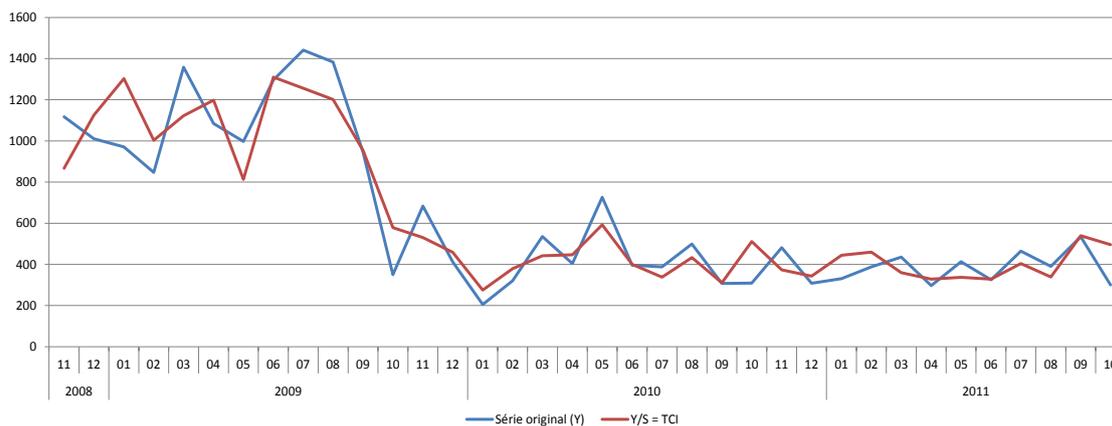


Figura 11. Dados desestacionalizados

Para este objetivo, os resultados são pouco satisfatórios. Qualquer que seja a tendência usada existem variações irregulares (conforme poderá ser visto a seguir, na Figura 12), que tornam impraticável a determinação dos valores típicos para a série. Outra observação: a curva que melhor ajusta a série diferencia-se mais das outras no seu terço inicial, ou seja, excetuando-se aquele trecho, outras curvas aparentemente ajustam a série de forma similar. Esta situação forneceu alternativa para a continuidade deste

³ Mês a mês, de Novembro a Outubro, eles são: 128,8%, 89,8%, 74,5%, 84,4%, 121,0%, 90,5%, 122,6%, 98,9%, 114,8%, 115,2%, 99,0% e 60,5%.

trabalho. Estariam aquelas curvas camuflando uma variação ou característica da série original que não foi explorada adequadamente? Quando foram plotados no mesmo gráfico a série original com as médias e medianas da quantidade de chamados em cada período anual ocorreu melhor compreensão do comportamento da série.

2.2.4. Estudo das variações Cíclicas e Irregulares

Neste estudo é usada a série de dados já desestacionalizada e com a tendência removida. Considerando as observações feitas ao fim da Seção 2.2.1, vários ensaios de remoção de tendência foram feitos. Na busca por *tipicidade* na distribuição de chamados, deseja-se a decomposição que resulte na menor amplitude de variações cíclicas e irregulares. O resultado pode ser visto na Figura 12.

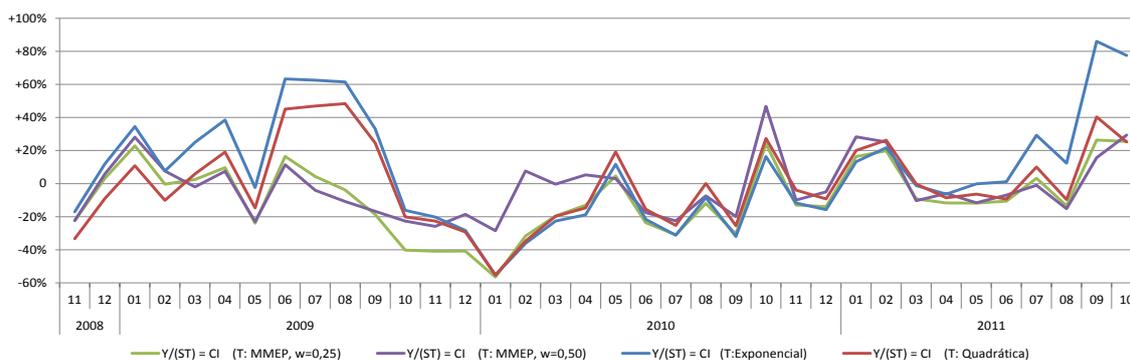


Figura 12. Variações Cíclicas e Irregulares

2.2.5. Mudança de patamar – uma nova série se revela

O gráfico da série original, quando plotado juntamente com as médias e medianas da quantidade de chamados de cada período anual (Figura 13), permitiu a observação mais clara de uma situação que já havia se mostrado por achados mais sutis.

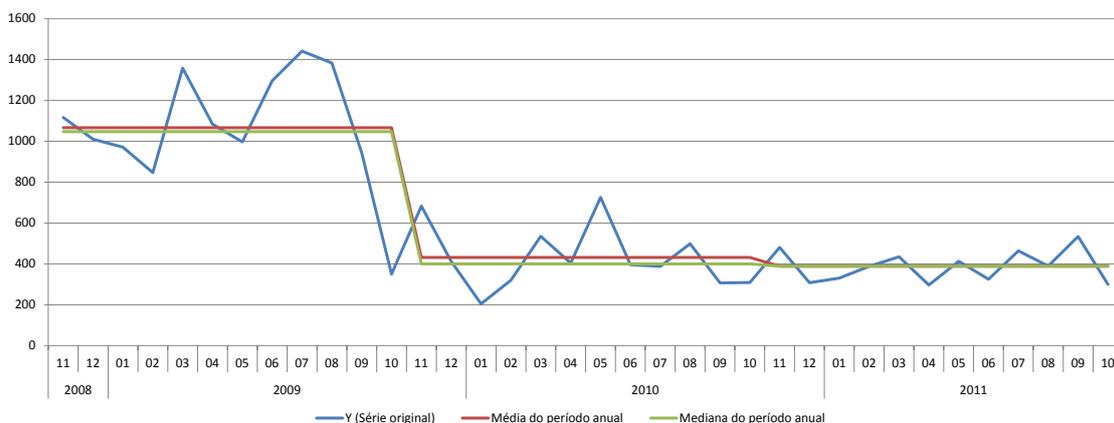


Figura 13. Patamares distintos na série temporal dos chamados

Percebe-se uma mudança de patamar bastante brusca ao final do primeiro período anual e depois o patamar permanece praticamente inalterado. O movimento de chamados no primeiro período anual é bastante distinto dos demais, o que justificaria a realização do ajuste apropriado para tratamento da série e busca de sua *tipicidade*. Talvez se pudesse questionar que este ajuste descaracterizaria a série, mas ao lembrar que a busca da *tipicidade* reflete o desejo de fornecer aos gestores instrumentos que

permitissem se antecipar às demandas (adequando sua operação) e que o ajuste de maior relevância se dará na parte temporalmente mais longínqua da série, conclui-se que o benefício de fazê-lo é maior do que o suposto prejuízo. Na Seção 2.3 são correlacionadas as análises e descobertas com os dados e situações reais e são especuladas as razões para que tal situação tenha ocorrido. O resultado da aplicação do fator de ajuste⁴ aparece na Figura 14.

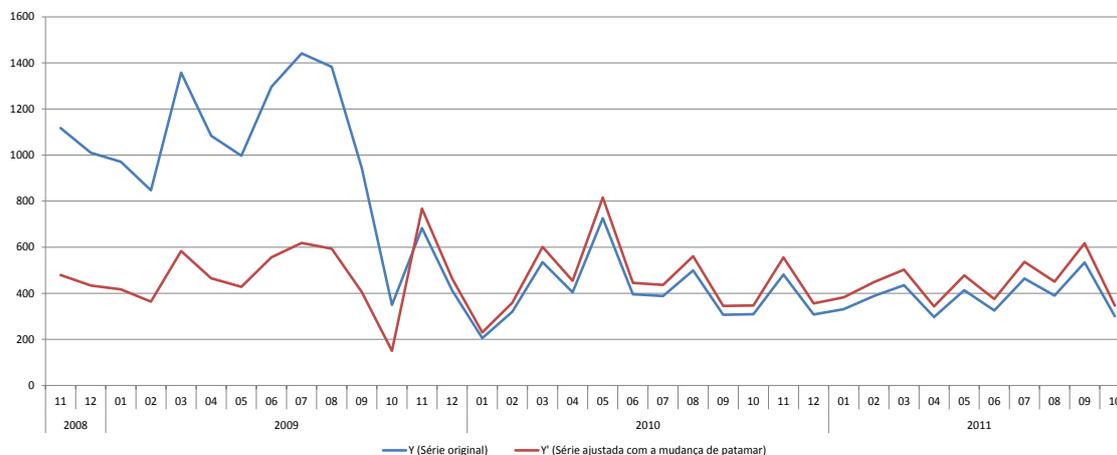


Figura 14. Série dos chamados ajustada com mudança de patamar

2.2.6. Análise da nova série temporal

A partir da transformação feita em 2.2.5, tem-se uma nova série (Y'), na qual tiveram de ser repetidos os estudos feitos para a série temporal original, ou seja, determinação dos índices de sazonalidade (S'), tendência (T'), variações cíclicas (C') e irregulares (I').

2.2.6.1. Determinação da tendência da série ajustada

Os métodos mostrados na Tabela 1 foram replicados na nova série e as equações para as linhas de tendência linear, quadrática e exponencial já evidenciam uma característica interessante da nova série.

Como se vê na Tabela 4, as equações mostram tendências de queda bastante suaves, quase mantendo a série em valores estáveis, situação que é desejável para o objetivo do trabalho, de obter valores típicos para a quantidade de chamados. Para melhor visualização, apenas as curvas de tendência aparecem na Figura 15 e na Figura 16.

Tabela 4. Avaliação do ajuste da nova série à curva de tendência

Tendência	Variância residual
Linear ($y' = 479,28 - 0,81t$)	16.939,30
Quadrática ($y' = 465,86 + 1,304t - 0,057t^2$)	16.908,84
Exponencial ($y' = 452,58 \times 0,999^t$)	16.955,35
Média móvel (MM) centrada de 12 meses	21.464,76

⁴ A determinação do fator de ajuste envolveu a busca de um índice P que pudesse transformar a série $Y = TCSTI$ na série $Y' = \frac{Y}{P} = T'C'S'I'$. O fator de ajuste usado foi $P = \frac{\text{Mediana do período anual}}{\text{Mediana de toda a série}}$

Média móvel exponencialmente ponderada (MMEP)	w = 0,10	15.070,17
	w = 0,25	11.854,35
	w = 0,50	6.417,03
	w = 0,75	1.604,26

2.2.6.2. Determinação dos índices de sazonalidade da série ajustada

O método das percentagens médias poderia ser replicado na nova série integralmente, mas analisando-se melhor, vê-se que na primeira parte do método, o cálculo da razão (%) entre a quantidade do mês e a média de quantidade do período anual, é necessário

achar $R' = \frac{Y'_t}{\left(\frac{\sum Y'_t (per)}{12}\right)}$. Mas, lembrando que $Y'_t = \frac{Y_t}{P}$, com $P = \frac{\text{Mediana do período anual}}{\text{Mediana de toda a série}}$, vê-se que P varia apenas dentro de um período anual para outro, permanecendo constante dentro de um mesmo período. Portanto, $R' = R = \frac{Y_t}{\left(\frac{\sum Y_t (per)}{12}\right)}$.

Assim, os índices de sazonalidade são aqueles já calculados para a série original, ou seja, $S' = S$.

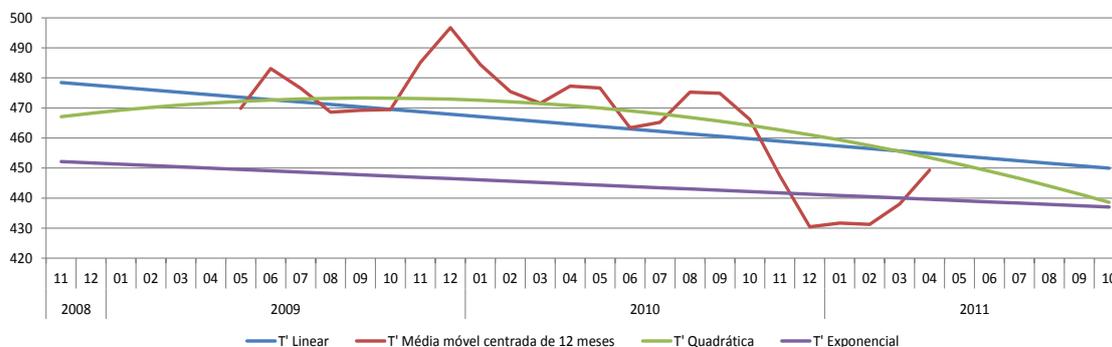


Figura 15. Curvas de tendência para a série ajustada (1)

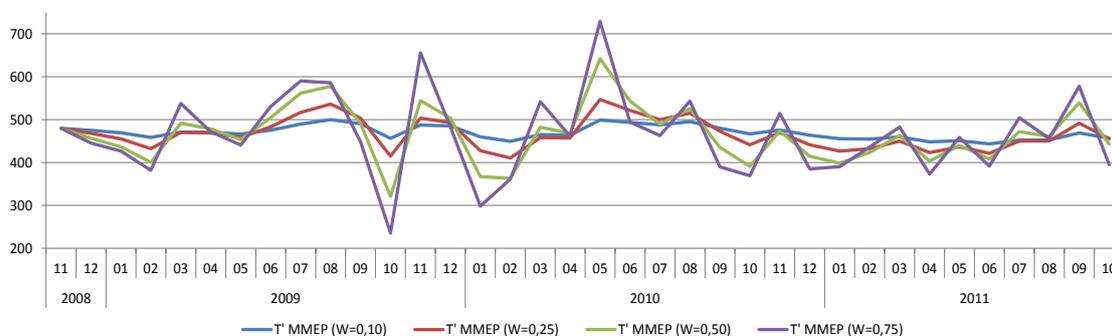


Figura 16. Curvas de tendência para a série ajustada (2)

2.2.6.3. Desestacionalização da série ajustada

A desestacionalização da nova série seguiu o modelo já mostrado na Seção 2.2.3. A representação gráfica dos resultados aparece na Figura 17.

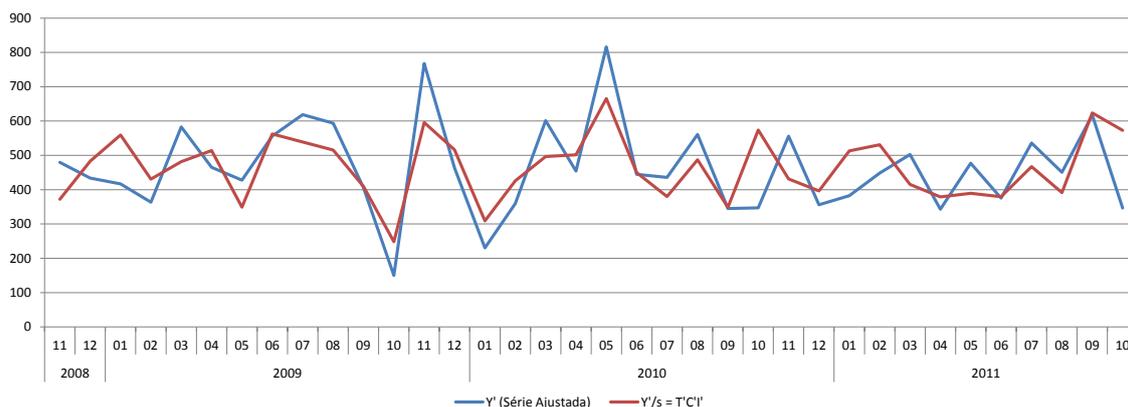


Figura 17. Dados desestacionalizados da série ajustada

2.2.6.4. Variações cíclicas e irregulares da série ajustada

Aqui foram replicados os cálculos já mostrados na Seção 2.2.4. A representação gráfica dos resultados aparece na Figura 18.

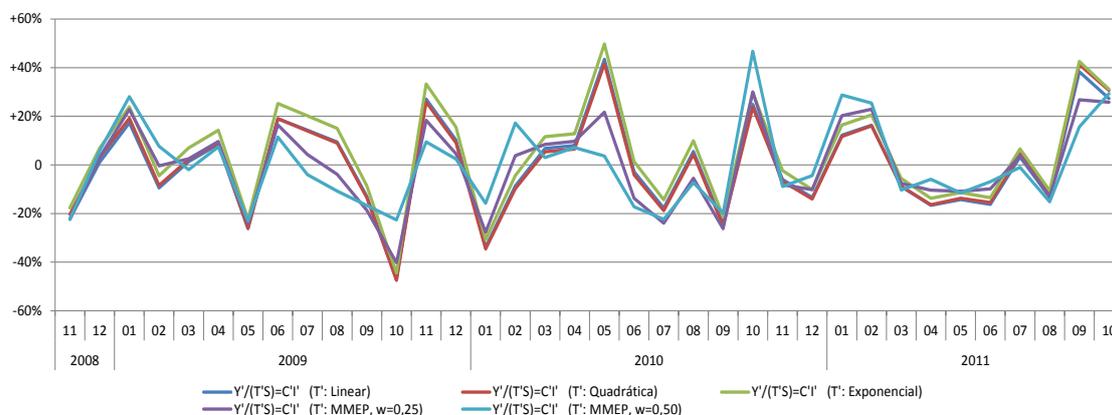


Figura 18. Variações cíclicas e irregulares da série ajustada

Neste momento o leitor é convidado a comparar o gráfico da Figura 12 com o da Figura 18. Houve significativa redução das variações irregulares, todavia elas ainda estão presentes e não são desprezíveis.

2.3. Achados úteis e considerações para a gestão do Centro de Suporte

- (1) À parte a variação de patamares vista, a série tem comportamento quase estacionário, com ligeira tendência de queda no longo prazo. Embora preocupante do ponto de vista de negócios, esta informação é importante para balizar ações de aumento do volume de serviços;
- (2) Grandes variações irregulares estão presentes, tornando previsões de curto prazo difíceis de serem feitas. Isto embasa a necessidade de que a operação do Centro de Suporte possua reserva de pessoal para acomodar as variações positivas e agilidade na gestão para redirecionar pessoal para outras atividades quando houvesse queda no número de chamados. Isto poderia, por exemplo, envolver estratégias de aproximação com os clientes em momentos de menor atividade;
- (3) Os índices de sazonalidade são indicadores importantes para o planejamento de

atividades anuais, como férias e treinamentos;

- (4) Um eventual questionamento a respeito de a estacionariedade da série temporal estar ligado a alguma limitação na capacidade de atendimento, não se sustenta. A existência de variações irregulares positivas já seria prova em contrário. Uma limitação na capacidade de atendimento seria, em grande parte, causada por deficiência de pessoal. O tamanho da equipe técnica variou como na Figura 19.

Em dois momentos a empresa X realizou redução forçada do quadro (demissões) para adequar seus custos à demanda decrescente: Abr/2009 e Ago/2009. Fora isto, houve movimentos de flutuação naturais, em sua maioria por iniciativa dos seus próprios funcionários. Isto faz crer que a limitação na quantidade de chamados, esteve relacionada aos clientes ou a alguma forma de controle sobre a abertura dos chamados. De fato, percebeu-se o aumento da “filtragem” de chamados encaminhados à empresa X, que ocorreu como forma de contenção de despesas dos clientes;

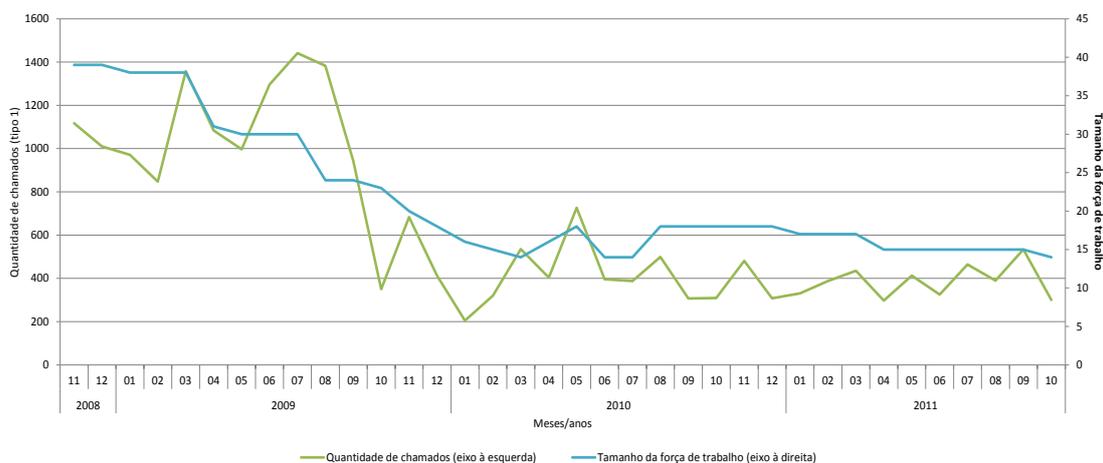


Figura 19. Volume de chamados vs. Quadro de pessoal

- (5) A mudança de patamar verificada do 1º período anual para os demais teve grande influência na forma como este estudo teve de ser conduzido. Haveria alguma explicação relacionada ao ambiente de negócios que justificasse este acontecimento? A especulação que se pode fazer está relacionada ao momento pelo qual passavam os clientes da empresa X, com uma possível redução no volume de negócios afetando as atividades tratadas através de chamados do Tipo 1. Deve-se lembrar também que o período 2008/2009 foi fortemente afetado pelo ambiente econômico global, desencadeado a partir de dificuldades nos EUA e Europa. Isto pode ter forçado as empresas a reverem seus projetos, levando-as a novos patamares de volumes de negócios.

2.4. Distribuição de chamados ao longo de um dia típico

Uma vez estabelecida a tipicidade da distribuição mensal de chamados, isto permitiria que os gestores do Centro de Suporte se antecipassem a demandas e ajustassem a operação para períodos de baixa ou alta atividade. O próximo passo foi avaliar a distribuição dos chamados ao longo de um dia de trabalho. Esta informação é crucial para que as escalas do pessoal de atendimento fossem estruturadas de forma mais aderente possível à curva de demanda. Idealmente, a quantidade de pessoal deveria ser

suficiente para atender a demanda da hora de pico, então o primeiro problema é determinar quando ela ocorre num dia típico e que quantidade de chamados ela representa.

2.4.1. Determinação da hora de pico

Para referência, aqui se usa o conceito de faixa de horário, que é o período de tempo dentro do qual um chamado teve início; assim, um chamado iniciado às 11:17, por exemplo, pertence à faixa das 11:00 às 12:00. Para a descoberta da hora de pico, cada um dos dias da amostra teve atribuídos às suas faixas de horário uma hierarquização inversa para a ocupação, sendo a faixa mais ocupada a de ordem 1. Explicando melhor: num dia hipotético em que todas as faixas tivessem chamados registrados e que as quantidades fossem todas distintas, a faixa mais ocupada teria ordem 1, a faixa menos ocupada teria ordem 24 e as demais receberiam ordens de acordo com sua ocupação. Foram vistos dois resultados importantes:

- (1) A dispersão dos ordenamentos é bastante grande (723 dias na amostra, com 717 distribuições diferentes). Achar tipicidade é um objetivo muito difícil;
- (2) Há clara prevalência nos horários de maior fluxo de chamados, que acontecem às 10:00 e às 14:00 e representam quase 83% dos casos, com máximas de 65 e 72 acessos, respectivamente.

A probabilidade de ocorrência do pico horário indica para a gestão do Centro de Suporte em que momento(s) do dia ele deveria alocar a maior quantidade de seus recursos, mas ainda não permite determinar como esta alocação deveria ser feita. Ainda, como as escalas de trabalho implicam um compromisso de alocação de um profissional por 8 horas corridas, algumas escolhas teriam de ser feitas para não se gerar sobrecobertura em um determinado horário e subcobertura em outro, como se verá mais à frente.

2.4.2. Determinação da quantidade diária de chamados por faixa de horário

Feita a distinção sobre hora de pico e volume de chamados, seguiu-se então o estudo da distribuição de chamados por faixa horária. Como o volume de chamados das 00:00 às 08:00 era irrisório (menos que 2% do total), aquele intervalo foi expurgado da análise. Já que os chamados do Tipo 1 ocorriam majoritariamente nas faixas de horário “pares”, as “ímpares” foram acumuladas nas faixas “pares” imediatamente anteriores (as “ímpares” eram menos de 2% do total e só ocorriam em situações excepcionais, para acomodar demandas específicas). O gráfico da Figura 20 mostra, então, a distribuição de chamados por faixa de horário para toda a amostra.

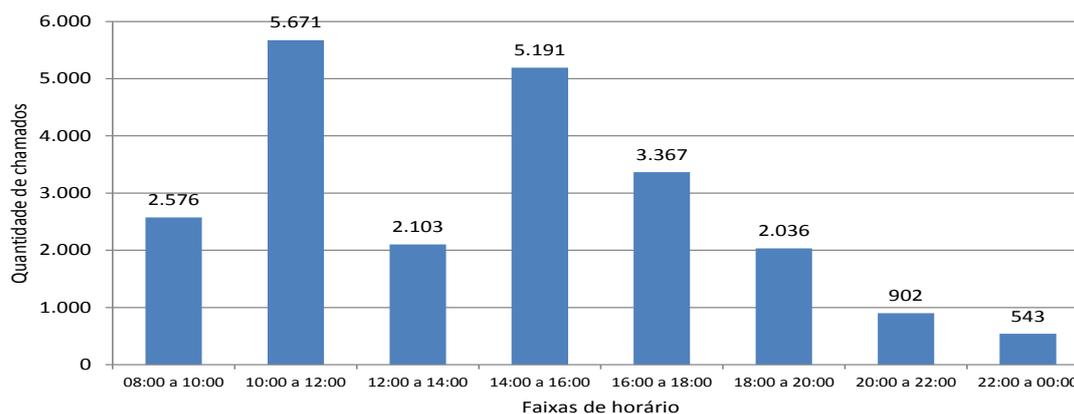


Figura 20. Distribuição dos chamados por faixa de horário

A distribuição de frequências das quantidades de chamados em cada faixa de horário mostra que há grande variação, tornando as médias (ou medianas) pouco representativas como valores típicos (Tabela 5). O mesmo ocorre quando se analisam os dados estratificados em períodos anuais. Assim, a busca por valores típicos continuou.

Tabela 5. Estatísticas da distribuição de chamados por faixas de horário

Medida	08:00 a 10:00	10:00 a 12:00	12:00 a 14:00	14:00 a 16:00	16:00 a 18:00	18:00 a 20:00	20:00 a 22:00	22:00 a 00:00
Média	3,6	7,8	2,9	7,2	4,7	2,8	1,2	0,8
Mediana	3,0	7,0	3,0	6,0	4,0	3,0	2,0	1,0
CV	98%	78%	142%	101%	100%	102%	134%	329%

A alternativa usada, apud (MACHADO, 2003, pp. 12-13), foi mapear os dias com quantidades de chamados similares e estudá-los à busca de semelhanças na distribuição diária de atividades. Os dias foram agrupados de duas formas:

- (1) Os períodos I, II e III são, respectivamente, de Nov/08 a Out/09, de Nov/09 a Out/10 e de Out/10 em diante;
- (2) Os grupos 1, 2 e 3, são aqueles que possuem até 15 chamados/dia, entre 15 e 45 chamados/dia e entre 45 e 66 chamados/dia, respectivamente. Os dias com mais de 66 chamados não foram incluídos em um grupo.

Tabela 6. Distribuição de frequências da quantidade de chamados (novo ensaio)

Classes	FR	FRAc	Percentil	
0 – 3	1,1%	1,1%	8,7%	G1
3 – 6	1,1%	2,2%	11,2%	
6 – 9	3,0%	5,3%	14,3%	
9 – 12	9,7%	14,9%	17,8%	
12 – 15	7,5%	22,4%	21,9%	
15 – 18	10,1%	32,5%	26,4%	G2
18 – 21	10,1%	42,6%	31,4%	
21 – 24	9,4%	52,0%	36,7%	

24 – 27	4,6%	56,6%	42,3%	G2
27 – 30	5,4%	62,0%	48,1%	
30 – 33	3,7%	65,7%	53,9%	
33 – 36	2,5%	68,2%	59,7%	
36 – 39	3,6%	71,8%	65,2%	
39 – 42	2,6%	74,4%	70,4%	
42 – 45	3,2%	77,6%	75,3%	G3
45 – 48	2,6%	80,2%	79,6%	
48 – 51	2,8%	83,0%	83,5%	
51 – 54	4%	87%	86,9%	
54 – 57	2%	89%	89,7%	
57 – 60	1,9%	90,6%	92,1%	
60 – 63	2,5%	93,1%	94,0%	
63 – 66	1,8%	94,9%	95,6%	
> 66	5,1%	100,0%	100,0%	

O agrupamento baseado na quantidade de chamados/dia é mais uma tentativa de buscar similaridade para a distribuição diária dos chamados. Uma tipicidade de distribuição associada, por exemplo, aos índices de sazonalidade, permitiria à gestão se antecipar aos movimentos sazonais, e tirar partido deles na alocação diária do pessoal técnico, concedendo folgas ou permitindo compensações de horas extras ou até acomodando com maior segurança picos de demanda. Então, dias foram agrupados por sua quantidade de chamados, tentando identificar aí alguma semelhança não encontrada à primeira vista. A Tabela 6 mostra o critério usado para a criação dos grupos. Aqueles com baixo volume pertencem ao G1 (frequência acumulada até próximo de 25%), os de alto volume pertencem ao G3 (após a frequência acumulada de 75%) e os de volume intermediário ficam no G2 (lembrando que aqueles com mais de 66 chamados/dia são os outliers da distribuição)

Tabela 7. Cálculos das médias e medianas da quantidade de chamados nos agrupamentos, por faixa de horário

Faixas de horário	Médias						Medianas					
	P I	P II	P III	G1	G2	G3	P I	P II	P III	G1	G2	G3
08:00 a 10:00	6,6	2,3	1,9	2,6	3,2	5,8	6,0	2,0	1,0	2,0	2,0	5,0
10:00 a 12:00	13,2	5,6	4,9	5,3	7,2	12,0	12,0	5,0	4,0	4,0	6,0	12,0
12:00 a 14:00	4,6	2,4	1,9	2,1	2,8	3,8	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0
14:00 a 16:00	13,0	4,7	4,1	5,4	6,6	11,0	11,0	4,0	3,0	4,0	4,0	11,0
16:00 a 18:00	8,0	3,2	2,9	3,1	4,2	7,4	7,0	2,0	2,0	2,5	3,0	6,0
18:00 a 20:00	4,5	2,2	1,8	2,1	2,6	4,0	4,0	2,0	1,0	2,0	2,0	3,0
20:00 a 22:00	2,1	0,9	0,7	0,9	1,1	2,1	2,0	1,0	0,0	1,0	1,0	2,0
22:00 a 24:00	1,2	0,5	0,6	0,7	0,6	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foram calculadas para os agrupamentos definidos as medidas que aparecem na O agrupamento baseado na quantidade de chamados/dia é mais uma tentativa de buscar similaridade para a distribuição diária dos chamados. Uma tipicidade de distribuição associada, por exemplo, aos índices de sazonalidade, permitiria à gestão se antecipar aos movimentos sazonais, e tirar partido deles na alocação diária do pessoal técnico, concedendo folgas ou permitindo compensações de horas extras ou até acomodando com maior segurança picos de demanda. Então, dias foram agrupados por sua quantidade de chamados, tentando identificar aí alguma semelhança não encontrada à primeira vista. A Tabela 6 mostra o critério usado para a criação dos grupos. Aqueles com baixo volume pertencem ao G1 (frequência acumulada até próximo de 25%), os de alto volume pertencem ao G3 (após a frequência acumulada de 75%) e os de volume intermediário ficam no G2 (lembrando que aqueles com mais de 66 chamados/dia são os outliers da distribuição)

Tabela 7. A partir daí, relacionaram-se, pelo coeficiente de correlação, os valores médios em cada faixa de horário no agrupamento com os valores observados em cada dia. As correlações foram separadas em intervalos, segundo os graus A (alto, correlação $\geq 75\%$), M (moderado, correlação entre 50 e 75%) ou B (baixo, correlação $< 50\%$). Procedimento análogo foi feito com as medianas. Em todos os ensaios foram incluídos os dias da semana na análise, de forma a buscar algum eventual padrão associado a eles.

Os resultados dos ensaios aparecem na Tabela 8 e na Tabela 9 e mostram que padrões de distribuição não são facilmente detectáveis na amostra trabalhada. Não há prevalência clara de um dia da semana sobre outro e não se veem resultados muito mais favoráveis de um modelo em relação a outro.

Tabela 8. Quantidade de dias, separados pelos graus de correlação com as médias de cada agrupamento

Dia	P I			P II			P III			G1			G2			G3		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
SEG	31	8	8	23	12	11	17	19	14	15	12	8	30	29	22	14	3	3
TER	30	14	5	18	19	10	19	23	10	10	11	9	31	38	15	18	7	1
QUA	31	14	2	17	18	13	15	20	15	13	7	13	28	33	18	18	6	1
QUI	32	11	4	19	17	12	15	19	17	15	13	11	31	26	19	15	7	3
SEX	34	12		20	15	10	23	11	16	8	7	10	42	21	16	24	5	
Total	158	59	19	97	81	56	89	92	72	61	50	51	162	147	90	89	28	8

Tabela 9. Quantidade de dias, separados pelos graus de correlação com as medianas de cada agrupamento

Dia	P I			P II			P III			G1			G2			G3		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
SEG	30	9	8	23	12	11	19	17	14	17	10	8	38	21	22	14	3	3
TER	30	16	3	17	20	10	20	19	13	9	12	9	27	38	19	19	6	1
QUA	32	13	2	16	19	13	15	16	19	12	10	11	33	26	20	14	10	1
QUI	34	10	3	15	22	11	13	19	19	16	14	9	36	16	24	14	8	3

SEX	36	10		21	13	11	19	17	14	6	9	10	40	24	15	22	7	
Total	162	58	16	92	86	56	86	88	79	60	55	47	174	125	100	83	34	8

Seria esperado que se o índice de sazonalidade para um dado mês fosse positivo houvesse a ocorrência de chamados no G2 maior que no G1, ou G3 maior que G2 ou ainda G3 maior que G1; Caso a sazonalidade fosse negativa, deveria ocorrer o inverso. Esta hipótese também não se sustenta por evidência estatística, exceto com alguma liberalidade no período final da amostra, conforme se vê na Tabela 10, onde na coluna “Val” o símbolo ✓ indica uma situação onde a esta hipótese é validada e ✗ onde não é.

Tabela 10. Número de dias em cada agrupamento - Comparação com os índices de sazonalidade

Mês	I.S.	Período I				Período II				Período III			
		G1	G2	G3	Val	G1	G2	G3	Val	G1	G2	G3	Val
nov	+28,8%		2	17	✓		16	3	✗	3	15	1	✓
dez	-10,2%		7	10	✗	5	15		✗	11	10		✓
jan	-25,5%		8	12	✗	7	6		✓	11	9		✓
fev	-15,6%		6	10	✗	6	11		✗	4	16		✗
mar	+21,0%		5	8	✓	1	22		✓	5	15		✓
abr	-9,5%		5	12	✗	3	16		✗	11	8		✓
mai	+22,6%	1	10	6	✗	1	19	1	✓	10	12		✓
jun	-1,1%		1	17	✗	4	17		✗	14	7		✓
jul	+14,8%		8	9	✓	9	11	1	✓	3	18		✓
ago	+15,2%		5	10	✓	4	17	1	✓	11	12		✓
set	-1,0%	2	11	5	✗	16	3	1	✓	1	20		✗
out	-39,5%		11	1	✗	8	10		✗	10	9		✓

2.5. Novas considerações para a gestão do Centro de Suporte

Todos os resultados oferecem à gestão insumos para ponderar sua decisão com base em evidências estatísticas. Ela poderia concluir, por exemplo, que os agrupamentos G1 e G2 descrevem razoavelmente o comportamento da demanda diária, especialmente no período final da amostra, e que isto serviria para um melhor ajustamento de escalas para os períodos à frente (pois já foi concluído aqui também que a série temporal é praticamente estável). Neste cenário, ela poderia optar por montar suas escalas de trabalho usando os números do agrupamento baseado na quantidade de chamados/dia é mais uma tentativa de buscar similaridade para a distribuição diária dos chamados. Uma tipicidade de distribuição associada, por exemplo, aos índices de sazonalidade, permitiria à gestão se antecipar aos movimentos sazonais, e tirar partido deles na alocação diária do pessoal técnico, concedendo folgas ou permitindo compensações de horas extras ou até acomodando com maior segurança picos de demanda. Então, dias foram agrupados por sua quantidade de chamados, tentando identificar aí alguma

semelhança não encontrada à primeira vista. A Tabela 6 mostra o critério usado para a criação dos grupos. Aqueles com baixo volume pertencem ao G1 (frequência acumulada até próximo de 25%), os de alto volume pertencem ao G3 (após a frequência acumulada de 75%) e os de volume intermediário ficam no G2 (lembrando que aqueles com mais de 66 chamados/dia são os outliers da distribuição)

Tabela 7 e, sendo conservador, poderia considerar a demanda como igual ao menor valor inteiro maior que os valores encontrados (teto):

Tabela 11. Determinação da demanda com base nos dados já obtidos

Estatísticas usadas	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
	a 10:00	a 12:00	a 14:00	a 16:00	a 18:00	a 20:00	a 22:00	a 00:00
Média G1	2,6	5,3	2,1	5,4	3,1	2,1	0,9	0,7
Média G2	3,2	7,2	2,8	6,6	4,2	2,6	1,1	0,6
Mediana G1	2	4	2	4	2,5	2	1	0
Mediana G2	2	6	2	4	3	2	1	0
Demanda (Teto)	4	8	3	7	5	3	2	1

É claro que outros cenários poderiam ser considerados, de acordo com as convicções, dados de negócio ou percepções intangíveis dos gestores. Como ilustração, a Tabela 12 mostra, percentualmente, em quantos dias a demanda real é menor ou igual à demanda prevista, ou seja, quanto o cenário escolhido serve para representar a demanda para os propósitos da gestão do Centro de Suporte.

Tabela 12. Cenário de estudo

Período da amostra	08:00a	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
	10:00	a 12:00	a 14:00	a 16:00	a 18:00	a 20:00	a 22:00	a 00:00
Período I	33,1%	17,8%	44,1%	18,6%	34,7%	49,2%	65,3%	80,5%
Período II	85,9%	84,2%	81,2%	81,6%	82,9%	79,5%	91,5%	86,8%
Período III	92,9%	86,2%	90,9%	88,5%	85,4%	90,1%	96,0%	88,1%
Geral	71,1%	63,2%	72,5%	63,5%	68,0%	73,3%	84,5%	85,2%

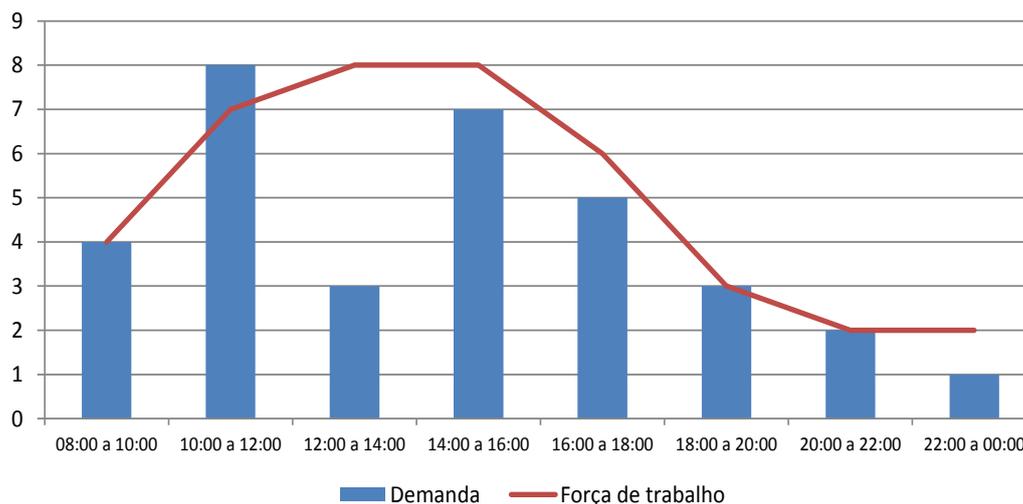


Figura 21. Demanda prevista vs força de trabalho

E agora que já se tem determinado o comportamento da demanda, pode-se alocar pessoal para cobertura da mesma. Por exemplo, usando quatro escalas, com 4 técnicos trabalhando das 08:00 às 16:00, 3 técnicos das 10:00 às 18:00, 1 técnico das 12:00 às 20:00 e 2 técnicos das 16:00 às 00:00, vê-se o resultado da Figura 21

A escolha das escalas foi feita na tentativa de cobrir a demanda projetada, mas podem ser vistos horários de sobre cobertura (por exemplo, das 12:00 às 18:00) e subcobertura (das 10:00 às 12:00). O ajuste fino das escalas precisa ser feito tomando não só a demanda como base, mas também outras variáveis intangíveis e a experiência dos gestores.

Por último, mas não menos importante é considerar a satisfação dos clientes do Centro de Suporte como indicador do acerto dos ajustes feitos na cobertura da demanda, conforme se pode depreender do trabalho de (OLIVEIRA & JOIA, 2009).

3. Conclusões e considerações finais

Este trabalho foi capaz de gerar informações bastante úteis para a gestão do Centro de Suporte da empresa X. Não só ficaram evidentes os movimentos sazonais como também mais claras as tendências de volumes de serviço e variações de curto prazo que precisavam ser acomodadas. É marcante a característica de irregularidade na ocorrência de chamados. Isto mostra que o dia-a-dia do Centro de Suporte precisava ser administrado com maior proximidade com os clientes, pela busca por recursos para atendimento aos picos de demandas. No longo prazo, verificaram-se evidências de certa estagnação no volume de serviços, em princípio não causada por falhas nos serviços prestados. Embora o presente estudo tenha sido realizado sobre dados do passado, os métodos aqui usados, com pequenos ajustes, têm plena possibilidade de aplicação em situações correntes.

3.1. Sugestões de trabalhos complementares

- Estabelecidos os métodos de tratamento e análise das quantidades e distribuições de chamados do Tipo 1, o mesmo deveria ser feito para os chamados do Tipo 2. Isto, contudo, deixará de ser feito aqui, ficando como sugestão para um novo trabalho;

- Outro trabalho poderia determinar se há uma distribuição diária de chamados que melhor represente a amostra (ou mesmo se há uma distribuição que possa ser definida como a melhor). Neste sentido, recomenda-se a leitura de (AVRAMIDIS, et al., 2004) e (ALDOR-NOIMAN, et al., 2009);
- Com base nas análises realizadas, seria possível realizar uma predição do movimento dos chamados de Tipo 1 para os meses subsequentes, como em (TAKEDA, 2012), (ALMEIDA, 2008) ou (BOUZADA, 2006). Um trabalho mais avançado poderia envolver a geração de um método de predição que pudesse fornecer a previsão ajustada para os meses subsequentes;
- A escala de trabalho para adequação à demanda prevista com exemplos de sobrecobertura e subcobertura merece um estudo sobre a possibilidade de se estabelecer uma escala que maximize a produtividade esperada, à semelhança do mostrado em (MENDES, et al., 2006).

4. Referências

- ALDOR-NOIMAN, S., FEIGIN, P. D. & MANDELBAUM, A., 2009. Workload forecasting for a call center: methodology and a case study. *The Annals of Applied Statistics*, pp. 1403-1447.
- ALMEIDA, P. M. d., 2008. *Avaliação de ferramentas para análise de séries temporais e métodos de previsão*. Resende: Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- ALVES, D. D. et al., 2009. *Modelagem da previsão de ligações em um call center*. São Carlos, Anais da 54ª RBRAS e 13 SEAGRO.
- AVRAMIDIS, A. N., DESLAURIERS, A. & L'ECUYER, P., 2004. Modeling daily arrivals to a telephone call center. *Management Science*, pp. 896-908.
- BARBOSA, C. d. S., 2010. *Uma Aplicação do Shift Design Problem à Criação, Via Metaheurísticas, dos Horários de Trabalho dos Funcionários de Call Centers com Intervalos de Pausas e Dias de Descanso*. Belo Horizonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.
- BOUZADA, M. A. C., 2006. *O uso de ferramentas quantitativas em call centers - o caso Contax*. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ.
- BOUZADA, M. A. C., 2012. Aprendendo Decomposição Clássica: Tutorial para um Método de Análise de Séries Temporais. *TAC - Tecnologias de Administração e Contabilidade*, pp. 1-18.
- FUKUNAGA, A. et al., 2002. *Staff Scheduling for Inbound Call Centers and Customer Contact Centers*. Sunnyvale: American Association for Artificial Intelligence (www.aaai.org).
- GÄRTNER, J., MUSLIU, N. & SLANY, W., 2001. Rota - a research project on algorithms for workforce scheduling and shift design optimization. *Artificial Intelligence Communications*, pp. 83-92.
- MACHADO, M. T., 2003. *Estabelecimento de planos horários baseados no padrão do fluxo de tráfego em função dos índices de sazonalidade*. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

- MENDES, F., LUCET, C. & MOUKRIM, A., 2006. *Tabu Search to Plan Schedules in a Multiskill Customer Contact Center*. Troyes, Institute of Electrical and Electronics Engineers (www.ieee.org), pp. 1126 - 1131.
- MILESKI JUNIOR, A., 2007. *Análise de métodos de previsão de demanda baseados em séries temporais em uma empresa do setor de perfumes e cosméticos*. Curitiba: Universidade Católica do Paraná.
- MUSLIU, N., SCHAERF, A. & SLANY, W., 2004. Local search for shift design. *European Journal of Operational Research*, p. 51–64.
- OLIVEIRA, A. F. & JOIA, L. A., 2009. Indicadores operacionais de call centers e satisfação dos clientes: uma investigação explano-exploratória. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*.
- PELLEGRINI, F. R. & FOGLIATTO, F. S., 2001. Passos para implantação de sistemas de previsão de demanda - técnicas e estudo de caso. *Revista Produção*, pp. 43-64.
- REIS, M. M., 2013. *INE 7001 - Estatística para Administradores I*. [Online] Available at: <http://www.inf.ufsc.br/~marcelo/INE7001.html>
- 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*, p. 1608–1619.
- SICA, P. d. & RIBEIRO, J. L. D., 2010. *Análise da capacidade de uma central de atendimento de um centro de serviços compartilhados (CSC)*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SPIEGEL, M. R., 1972. *Estatística - Coleção Schaum*. São Paulo: McGraw-Hill.
- TAKEDA, T. L., 2012. *Proposta de aplicação de método quantitativo de previsão de vendas em uma indústria metal-mecânica*. Joinville: Universidade do Estado de Santa Catarina.
- YONAMINE, J. S. G., 2006. *O setor de call centers e métodos quantitativos: uma aplicação da simulação*. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ.

CADERNOS DO IME

Série Informática

Normas para publicação de trabalhos

A revista Cadernos do IME é o veículo de divulgação dos trabalhos acadêmicos do corpo docente do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

A revista é semestral, sendo publicada em junho e dezembro. São aceitos trabalhos inéditos e que apresentem elementos de originalidade, em português, inglês ou espanhol.

Os Cadernos do IME aceitam os seguintes tipos de contribuições:

- Artigo técnico, trabalho de pesquisa com elementos de originalidade;
- Tutorial, texto introdutório a áreas específicas da ciência da computação, com revisão de literatura e organização dos conceitos relacionados;
- Resenha / Revisão, revisão de literatura e análise crítica de produtos da área de ciência da computação e informática;
- Resumo, texto destinado à informação sobre trabalhos de graduação e de pós-graduação;
- Comunicação, texto destinado à divulgação de opiniões, pesquisas em andamento, lançamentos e divulgação de eventos.

Os artigos e tutoriais não devem ultrapassar 20 páginas e as demais formas de publicação devem se restringir a no máximo 10 páginas.

Todos os trabalhos enviados para publicação nos Cadernos do IME – Série Informática, independente de tipo de contribuição, devem seguir o modelo para publicação de artigos da SBC – Sociedade Brasileira de Computação.

Os arquivos digitais no formato PDF deverão ser encaminhados aos editores da série, juntamente com uma cópia impressa de boa qualidade.

A submissão é eletrônica e em fluxo contínuo no endereço <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cadinf>. As chamadas de trabalho para volumes especiais estão disponíveis <http://www.ime.uerj.br/cadernos/cadinf/>.

Os conteúdos e pontos de vista expressos nos trabalhos publicados são de inteira responsabilidade dos autores.



Ricardo Vieiralves de Castro
Reitor

Paulo Roberto Volpato Dias
Vice-Reitor

Maria Georgina Muniz Washington
Diretora do Centro de Tecnologia e Ciência

Geraldo Magela da Silva
Diretor do Instituto de Matemática e Estatística

Pedro Antonio Sarubbi
Vice-Diretor do Instituto de Matemática e Estatística

Rubens André Sucupira
Departamento de Análise Matemática

Jéssica Ruth Gavia Zurita
Departamento de Estruturas Matemáticas

Mara de Carvalho de Sousa
Departamento de Geometria e Representação Gráfica

Rosa Maria Esteves Moreira da Costa
Departamento de Informática e Ciência da Computação

Guilherme Caldas de Castro
Departamento de Estatística

Augusto Cesar de Castro Barbosa
Departamento de Matemática Aplicada