

# **ANÁLISE DA DINÂMICA OPERACIONAL DE UM POSTO DE AGENDAMENTO: UM ESTUDO DE CASO USANDO SIMULAÇÃO DISCRETA**

José Airton Azevedo dos Santos (UTFPR) E-mail: airton@utfpr.edu.br  
Daniella Amanda Negrão (UTFPR) E-mail: negraodaniella@gmail.com  
Edward Seabra Júnior (UTFPR) E-mail: seabra.edward@gmail.com  
Daniel Marcos Dal Pozzo (UTFPR) E-mail: danielpozzo@utfpr.edu.br

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo computacional para simular a dinâmica operacional do processo de agendamento de consultas de um posto do Sistema Único de Saúde (SUS). O modelo do tipo dinâmico, discreto e estocástico foi desenvolvido utilizando o software JaamSim. Como parâmetro de comparação entre os dados obtidos a partir do sistema e gerados pelo modelo foi selecionada a variável tempo na fila do atendimento. Para a validação do modelo foi utilizada análise de variância com 1% de significância. Não foram detectadas diferenças estatísticas entre os valores obtidos do sistema real e os gerados pelo modelo. Considerando-se esta e outras análises, foi concluído que o modelo aplica-se à finalidade para o qual foi desenvolvido.

**Palavras-chave:** JAAMSIM; Simulação; Agendamento de consultas.

## **ANALYSIS OF THE OPERATIONAL DYNAMICS OF AN SCHEDULING POST: A CASE STUDY USING DISCRETE SIMULATION**

**Abstract:** The aim of this work is to develop a computational model for simulating the operational dynamics of the process of scheduling appointments of a Unified Health System (SUS) post. The model was classified as: dynamic, discrete and stochastic, and was developed applying JaamSim software. As a parameter of comparison between the data obtained from system and generated by the model, was selected variable wait time in the queue of booths. To validate the model it was used variance analysis with 1% of significance. It was not detected statistical differences between real system and generated simulation model data. Considering this and other analyzes, was concluded that the model applies to the finality for which was developed.

**Keywords:** JAAMSIM; Simulation; Vehicle traffic; Scheduling Appointments.

### **1. INTRODUÇÃO**

O Sistema Único de Saúde (SUS), criado no Brasil em 1988 com a promulgação da nova Constituição Federal, tornou o acesso gratuito à saúde direito de todo cidadão. Até então, o modelo de atendimento era dividido em três categorias: os que podiam pagar por serviços de saúde privados, os que tinham direito à saúde pública por serem segurados pela previdência social (trabalhadores com carteira assinada) e os que não possuíam direito algum. Com a implantação do sistema, o número de beneficiados passou de 30 milhões de pessoas para 190 milhões. Atualmente, 80% desse total dependem exclusivamente do SUS para ter acesso aos serviços de saúde (PORTAL BRASIL, 2017).

Para o beneficiado realizar uma consulta com um médico especialista é necessário, antes, consultar com um clínico geral em um posto de saúde. O encaminhamento médico só pode ser feito pela rede pública. O médico vai fornecer um protocolo de encaminhamento e o posto de agendamento do SUS irá marcar a data do atendimento.

As filas estão presentes nos postos de agendamento do SUS, nos bancos, nas estradas, em estabelecimentos de lazer e entretenimento, nos aeroportos e em tantas outras situações do cotidiano (PRADO, 2010). Nos sistemas de filas, sabe-se que os congestionamentos ocorrem largamente devido a flutuações aleatórias no processo de chegada e nos tempos de serviço.

Além disso, de acordo com muitos resultados, verifica-se que o aumento da variabilidade gera um crescimento nos congestionamentos (RYAN; HEAVEY, 2006).

A modelagem de sistemas com filas pode ser obtida através de duas diferentes técnicas: Teoria das Filas e a Simulação. A teoria das filas é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas. A simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento de um sistema usando um computador digital (BANKS, 2009).

A simulação de um modelo permite entender a dinâmica de um sistema assim como analisar e prever o efeito de mudanças que se introduzam no mesmo. É uma representação próxima da realidade, e será tanto mais real quanto mais características significativas do sistema seja capaz de representar. Por outro lado, o modelo deve ser simples, de forma que não se torne demasiado complexo para se construir, mas ao mesmo tempo o modelo deve ser o mais fiel possível ao sistema real (ALVES *et al.*, 2014).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo implementar um modelo computacional para simular a dinâmica operacional do processo de agendamento de consultas de um pequeno posto do SUS localizado na região oeste paranaense.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo pode ser classificada quanto ao tipo de pesquisa, a população amostra, a coleta e a análise dos dados. A classificação, quanto ao tipo de pesquisa, pode ser subdividida de acordo com a natureza, sendo esta aplicada, quanto aos objetivos sendo descritiva, quanto à forma de abordar o problema, pode ser considerada quantitativa, pois os dados obtidos (cronometrados) no sistema real foram, em seguida, tratados estatisticamente.

Como estratégia de pesquisa, foi utilizado o estudo de caso que, conforme Yin (2013), é ideal em situações organizacionais reais em que o pesquisador não tem controle dos fenômenos.

O Setor de Atendimento: Ao chegar, ao posto, o cliente/beneficiário pode ser atendido por um servidor em um dos três guichês do setor de atendimento. No setor de atendimento, objeto deste estudo, o sistema de filas é por senha, ou seja, o cliente chega e pega a senha, espera nos bancos destinados a esse fim, e é atendido pela ordem de chegada. Na Figura 1 apresenta-se o *layout* do posto de agendamento do SUS.

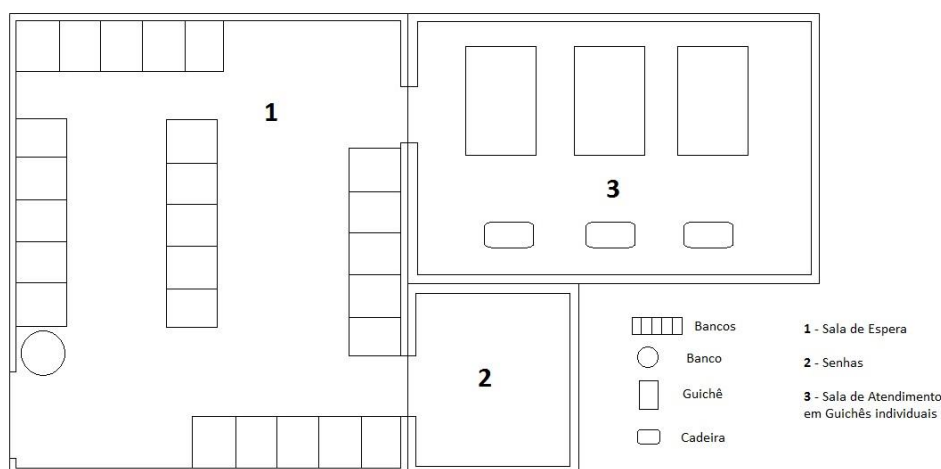


Figura 1 – *Layout* do posto de agendamento.

### O Software JaamSim:

O software JaamSim, ferramenta utilizada neste trabalho, é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém inúmeros recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados. Este software é composto por um conjunto de blocos (ou módulos) utilizados para se descrever uma aplicação real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação. Os elementos básicos da modelagem em JaamSim são as entidades que representam as pessoas, objetos, transações, etc, que se movem ao longo do sistema; as estações de trabalho que demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações (KING; HARRISON, 2013).

O Modelo Conceitual:

Delimitado o sistema a ser simulado, a ferramenta de trabalho e definido o objetivo do trabalho partiu-se então para a construção do modelo conceitual. Chwif e Medina (2007) dedicam uma atenção especial a este modelo, uma vez que, segundo eles, é uma etapa extremamente importante para a realização do trabalho.

O ponto de partida deste trabalho será o modelo conceitual, que irá fornecer informações ao modelo computacional. A representação do modelo conceitual, na forma de fluxograma, é apresentada na Figura 2.

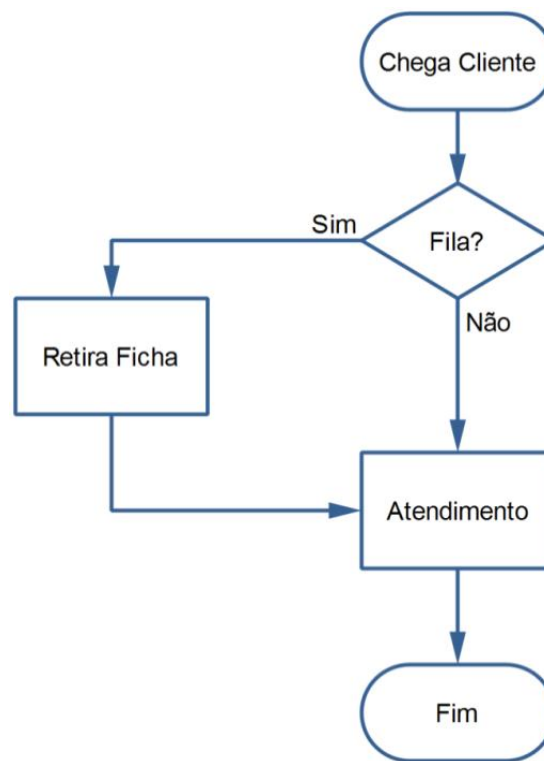


Figura 2 – Fluxograma do Sistema.

A etapa de construção do modelo conceitual foi feita em parceria com os funcionários diretamente ligados ao Setor de Atendimento do Posto de Agendamento. Durante esse processo, concluiu-se que seria necessário coletar as seguintes variáveis: Tempos entre Chegadas dos Clientes (TEC); Tempos de Retirada das Senhas (TS) e Tempos de Atendimento nos Guichês (TG).

**Número de Replicações:**

Segundo FREITAS FILHO (2008), de uma maneira geral, a coleta de dados para a composição de uma amostra, a partir da simulação de um modelo, pode ser realizada de duas formas:

1. Fazer uso das observações individuais dentro de cada replicação. Por exemplo, pode-se simular o processo e utilizar o tempo que cada beneficiário esperou na fila para realizar uma estimativa do tempo médio de espera na fila. Neste caso, o tamanho da amostra será igual à quantidade de veículos que passaram pela fila ao longo do período simulado.
2. A segunda maneira de gerar a amostra é realizar  $n$  simulações (replicações). Assim, cada replicação gera um elemento para a amostra. Uma vez que estamos lidando com um sistema terminal no qual as condições iniciais e o período de simulação são fixos, a melhor maneira de garantir que os valores da amostra sejam estatisticamente independentes é obtê-los a partir de replicações independentes.

Neste trabalho, o número de replicações ( $n^*$ ) foi obtido através da Eq. (1) (MONTGOMERY, 2005):

$$n^* = n \times \left(\frac{h}{h^*}\right)^2 \quad (1)$$

onde:  $n$ : número de replicações já realizadas;  $h$ : semi-intervalo de confiança já obtido e  $h^*$ : semi-intervalo de confiança desejado.

#### Tamanho da Amostra:

O tamanho de cada uma das amostras, cronometradas neste trabalho, foi obtida para um nível de confiança de 95% através da Eq. (2) (MARRÔCO, 2003):

$$n_A = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E}\right)^2 \quad (2)$$

onde:  $n_A$ : número de indivíduos da amostra;  $Z_{\alpha/2}$ : valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;  $S$ : desvio padrão e  $E$ : erro máximo estimado.

#### Validação do Modelo:

Segundo Sargent (2012), a validação do modelo computacional é definida como a determinação de que o comportamento do modelo simulado detém precisão suficiente para representar o modelo real para a aplicabilidade a qual se destina. Desta forma se o modelo não é uma aproximação bastante próxima do sistema real, todas as conclusões derivadas deste estarão susceptíveis a erros e poderão resultar em decisões incorretas. Sendo assim a validação pode e deve ser feita para todos os modelos, independentemente do sistema modelado (BAUMGARTNER *et al.*, 2013).

Na execução do procedimento de validação, para o sistema em estudo, foi realizada uma comparação de médias por meio de análise de variância (ANOVA). A análise de variância é um teste estatístico amplamente difundido entre os analistas, e visa

fundamentalmente verificar se existe uma diferença significativa entre as médias de dois ou mais grupos (MONTGOMERY, 2005).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizou-se, neste trabalho, uma avaliação descritiva completa dos dados coletados no posto de agendamento no software Statistica® versão 11. A Tabela 1 apresenta, como exemplo, a análise dos dados coletados para a variável Tempos Entre Chegadas dos Clientes (TEC).

Tabela 1 – Análise dos dados – TEC

Parâmetro analisado	TEC
Pontos	382
Média	110,1s
Mediana	80 s
Mínimo	10 s
Máximo	523s
1 Quartil (Q <sup>1</sup> )	38 s
3 Quartil (Q <sup>3</sup> )	531 s
Desvio Padrão	98,1 s

Após a análise exploratória, realizou-se à análise de correlação entre os dados, ou seja, verificou se há dependência entre os valores das amostras. Na Figura 3 é apresentado, como exemplo, o gráfico de dispersão dos Tempos entre Chegadas dos Clientes (TEC) no posto. Nessa figura pode-se notar que não há correlação entre as observações da amostra.

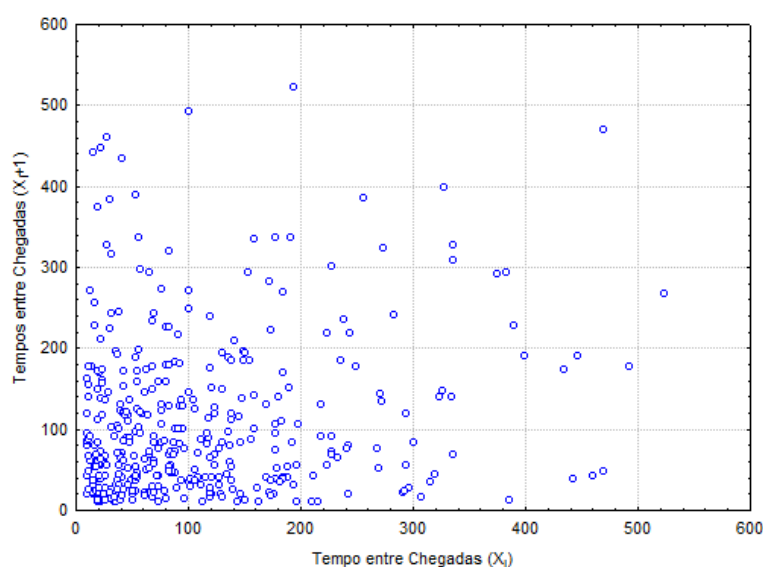


Figura 3 – Gráfico de dispersão – TEC.

**Tratamento de dados:**

Inicialmente, os dados foram plotados em forma de *boxplot* (Figura 4) para uma análise preliminar do comportamento das observações. A seguir, aplicou-se a técnica de identificação de *outliers* (valores fora da normalidade) apresentada na Tabela 2 (MARRÔCO, 2007). As razões mais comuns para o surgimento desses valores são os erros na coleta de dados ou eventos raros e inesperados. Os *outliers* considerados como extremos só foram descartados, das amostras, depois de uma análise criteriosa de suas causas. Os valores julgados como possíveis de ocorrer foram mantidos nas amostras.

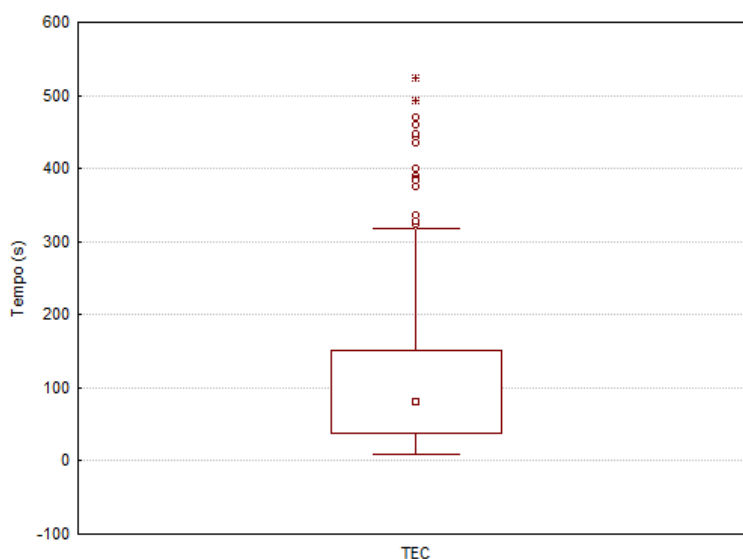


Figura 4 – *Boxplot* – TEC.

Tabela 2 – Identificação de *outliers*

<b>Outliers</b>
$A=Q^3-Q^1$
Valor < $Q^1-1,5A$ - <i>Outlier</i> Moderado
Valor > $Q^3+1,5A$ - <i>Outlier</i> Moderado
Valor < $Q^1-3,0A$ - <i>Outlier</i> Extremo
Valor > $Q^3+3,0A$ - <i>Outlier</i> Extremo

FONTE: Marrôco, 2007.

Onde  $Q^1$  e  $Q^3$  são, respectivamente, os valores do primeiro e terceiro quartis, assim a amplitude entre inter-quartil “A” é calculada pela diferença:  $A=Q^3-Q^1$ .

Após a análise dos dados cronometrados no sistema, através de técnicas estatísticas (MARIN; TOMI, 2010), o passo seguinte foi determinar as curvas de distribuição teórica de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo. Como os *p-values* dos testes de aderência: teste Chi Square e do teste Kolmogorov-Smirnof são maiores que o nível de significância adotado (0,1) (CHIWF; MEDINA, 2007), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 3, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Tabela 3 – Distribuições de probabilidade

Itens	Distribuição	Chi Square	Kolmogorov-Smirnov
TEC	10+EXPO(100)	<i>p-value</i> =0,582	<i>p-value</i> =0,182
TS	UNIF(30,60)	<i>p-value</i> =0,783	<i>p-value</i> =0,833
TG	111+WEIB(208,0.971)	<i>p-value</i> =0,121	<i>p-value</i> =0,303

### Validação do Modelo Implementado:

Inicialmente, a validação do modelo computacional foi realizada por meio da técnica face a face onde o modelo foi executado para os funcionários do setor de atendimento do posto, que o consideraram correto.

Na sequência foi aplicado a análise de variância a 1% de significância (Tabela 4), na comparação entre os resultados gerados pelo modelo de simulação e os obtidos no sistema real para a variável Tempo na Fila de Atendimento. Não foram constatadas diferenças estatísticas. Pode-se observar, através dos dados apresentados na Tabela 4, que  $F_0$  é menor que  $F_{crítico}$  ( $F_0=0,0003$  enquanto  $F_{crítico}= 7,822871$ ).

Tabela 4 – Análise de variância

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Linhas	2849864	24	118744,3	1,000448	0,499567	2,659072
Colunas	35,59588	1	35,59588	0,0003	0,986326	7,822871
Erro	2848588	24	118691,2			
Total	5698487	49				

SQ: Soma dos quadrados; gl: Graus de liberdade; MQ: Quadrado médio.

Através da análise dos resultados da Tabela 4 pode-se concluir que o modelo computacional apresenta uma boa aproximação com o sistema real.

### Simulação:

Uma vez validado o modelo computacional pode-se passar, segundo o método de pesquisa, para etapa de análise. Nessa etapa o modelo computacional, agora denominado operacional, passa a trabalhar para o modelador com o intuito de responder aos objetivos do projeto de simulação.

Para a realização da análise do sistema em estudo, são propostos dois cenários com o objetivo de observar a resposta do sistema a partir de alterações no número de guichês do posto. Os indicadores de desempenho utilizados para a análise são: o grau de utilização dos funcionários que atuam nos guichês e o tempo médio de espera na fila.

- Cenário 1: Sistema constituído por três guichês (Cenário Atual);

- Cenário 2: Sistema constituído por 4 guichês.

Na Tabela 5 apresentam-se os resultados obtidos da simulação do sistema, para os dois cenários. Observa-se que os resultados foram obtidos após 25 replicações.

Tabela 5 – Resultados de simulação dos cenários 1 e 2

Cenários	Utilização (%)	Tempo na Fila (s)	Nº de Clientes na Fila
1	91,2	1239	13
2	74,7	555	6

A partir dos dados apresentados na Tabela 5 pode-se observar que a utilização dos funcionários para o sistema de atendimento com 3 guichês é muito alto (91,2%). Observa-se também, nesta tabela, que a utilização de 4 guichês reduz o grau de utilização dos funcionários para 74,7%, diminuindo também o tempo de espera na fila.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se a metodologia utilizada na implementação do modelo computacional usado para simular a dinâmica operacional do processo de atendimento de um pequeno posto de agendamento do SUS localizado na região oeste paranaense.

De acordo com os resultados das análises procedidas para a validação do modelo computacional, foi possível concluir que o mesmo pode ser aplicado para simular a dinâmica operacional do processo de atendimento do pequeno posto de agendamento.

Concluiu-se, para o período simulado, que a utilização de quatro guichês, para atendimento aos clientes no posto, reduz a utilização dos funcionários e o tempo de espera dos clientes na fila do atendimento.

Cabe ressaltar que o trabalho desenvolvido não analisou a viabilidade econômica envolvida na contratação de funcionários, dessa forma um trabalho futuro poderia vir a explorar essa lacuna.

A aplicação da simulação computacional gerou um conhecimento adicional à cerca do processo para todos os envolvidos e possibilitou, também, a identificação de oportunidades de melhorar o processo de atendimento do posto de agendamento do SUS.

#### REFERÊNCIAS

ALVES, R.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Aplicação dos princípios da teoria das restrições e de técnicas de simulação na gestão da dinâmica operacional de um pequeno restaurante: um estudo de caso. *Revista Espacios*, v. 35, p. 21, 2014.

BANKS, J. *Discrete event system simulation*. New Jersey: Prentice Hall, 2009.

BAUMGARTNER, D.; CAVALLI, D.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Modelagem, simulação e otimização da dinâmica operacional do processo de embalagem e paletização de sachês de refresco em pó: um estudo de caso. *Revista Espacios*, v. 34, p. 10, 2013.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações*. São Paulo: Brazilian Books, 2007.

FREITAS FILHO, P. J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena*. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.



KING, D. H.; HARRISON, H. S. Open source simulation software 'JAAMSIM'. In: Proceedings of the Winter Simulation Conference. Proceedings..., Washington - DC, 2013.

- MARIN, T.; TOMI, G. F. C. Modelagem de dados de entrada para simulação estocástica del lavra. *Revista Escola de Minas*, v. 60, p. 559-62. 2010.
- MONTGOMERY, D. C. *Design and Analysis of Experiments*. New York: Wiley, 2013.
- MARRÔCO, J. *Análise estatística de dados – com utilização do SPSS*. Lisboa: Sílabo, 2003.
- PRADO, D. *Usando o ARENA em simulação*. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços LTDA, 2010.

PORTAL BRASIL SUS registra volume recorde ressarcimentos. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2013/09/sus-registra-volume-recorde-de-ressarcimento>. Acesso em: 29 jan. 2017.

RYAN, J.; HEAVEY, C. Process modeling for simulation. *Computers in Industry*. v. 57, p. 437-50. 2006.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. *Journal of Simulation*, v. 7, p. 12-24. 2012.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2013.