

Métodos estocásticos aplicados ao problema de filas: caso de dimensionamento de elevadores de um shopping

Renata Bersch (UTFPR) renata.bersch1995@gmail.com

Taynara Luciana Maciel de Almeida (UTFPR) taynaraluciana_14@hotmail.com

Shih Yung Chin (UTFPR) chin@utfpr.edu.br

Resumo:

Elevadores são dispositivos instalados em prédios comerciais e residenciais, para o deslocamento de pessoas. Quando mal dimensionados, podem gerar grandes transtornos, com longas esperas em fila. Desta forma, um estudo prévio a fim de determinar a capacidade ideal dos elevadores e o tempo que estes se deslocam entre os andares se mostram critérios importantes para o bom funcionamento do sistema. Este artigo aborda o dimensionamento de elevadores de um shopping em construção utilizando Teoria das Filas em conjunto com Cadeias de Markov e simulação de Monte Carlo para gerar resultados de diferentes cenários baseados em premissas previamente estabelecidas, permitindo ao construtor uma melhor decisão quanto ao dispositivo a ser instalado. Os cálculos foram realizados com equipamentos de diferentes capacidades, os quais comprovaram que uma maior capacidade de elevador resulta em menor formação de filas. No presente estudo, um elevador com capacidade de 20 entidades atendeu às necessidades do projeto, percebe-se também que possuir mais elevadores aumenta a flexibilidade de deslocamento das entidades.

Palavras chave: Cadeias de Markov, Dimensionamento, Simulação de Monte Carlo, Teoria das Filas.

Stochastic methods applied to queues problem: case of sizing lifts in a shopping mall

Abstract

Elevators are devices installed in commercial or residential buildings for people displacement. However, major disorders, such as long waits in a row, may be generated by poorly dimensioned elevators. This way, a preliminary study to determine the ideal elevators' capacity and the time to alternate between floors are important criteria for the proper functioning of the system. This article discusses the elevators' sizing of a mall under construction using Queues Theory in conjunction with Markov Chains and Monte Carlo simulation in order to produce results of different scenarios based on previously established premises, supporting the constructor to take a better decision as to the device to be installed. The calculations were carried out with distinct equipments capacity, proving that a greater capacity results in smaller row formation. Our results suggest that an elevator with capacity of 20 entities met the project's needs and that more elevators increases the flexibility of the entities' movement.

Key-words: Markov Chains, Dimensioning, Monte Carlo Simulation, Queue Theory

1. Introdução

A formação de filas é comum no cotidiano da população. Logo, locais com grande número de pessoas, como farmácias, bancos, supermercados, entre outros, demandam o emprego de métodos que reduzam ou evitem a formação de filas a fim de melhorar o atendimento aos clientes. Uma fila é formada pelas entidades que estão sendo atendidas e as que o aguardam, visto que chegaram ao estabelecimento e não foram prontamente atendidas (TÔRRES, 1966). Em shopping centers é comum a existência de elevadores que facilitam o trânsito de pessoas entre os andares do edifício, os quais oferecem maior conforto e acessibilidade. No entanto, o tempo gasto por um elevador para se deslocar entre os andares, sua capacidade e quantidade quando inadequadamente dimensionados podem resultar em longas esperas em fila.

Em virtude do estudo no tocante a um shopping ainda em fase de construção, o objetivo deste trabalho é levantar premissas e, aplicando teoria das filas e as técnicas de cadeias de Markov e simulação de Monte Carlo, gerar resultados permitindo assim ao construtor escolher aquela configuração de elevador que seja mais apropriada ao estabelecimento.

2. Referencial teórico

Nesta seção serão apresentados alguns conceitos teóricos a respeito da Teoria das filas, cadeias de Markov e simulação de Monte Carlo, bem como os trabalhos correlatos que empregam conceitos semelhantes para problemas de dimensionamento.

2.1 Teoria das filas

Segundo Prado (2009), uma fila é composta principalmente por dois elementos, entidades e servidores, sendo estes últimos os responsáveis por realizar o atendimento. Para o estudo das filas, surgiram no início de 1908 diversos modelos analíticos, visando propor melhorias ou soluções aos problemas que envolvem espera. A princípio, quando tais modelos surgiram, foram utilizados em problemas de redimensionamento de centrais telefônicas, apenas com o passar do tempo a Teoria começou a ser utilizada em outras áreas.

O estudo de filas é essencial devido ao fato de ser um sistema encontrado em praticamente todos os lugares. A Figura 1 mostra uma representação típica de um sistema de formação de filas, com os elementos que o compõe.

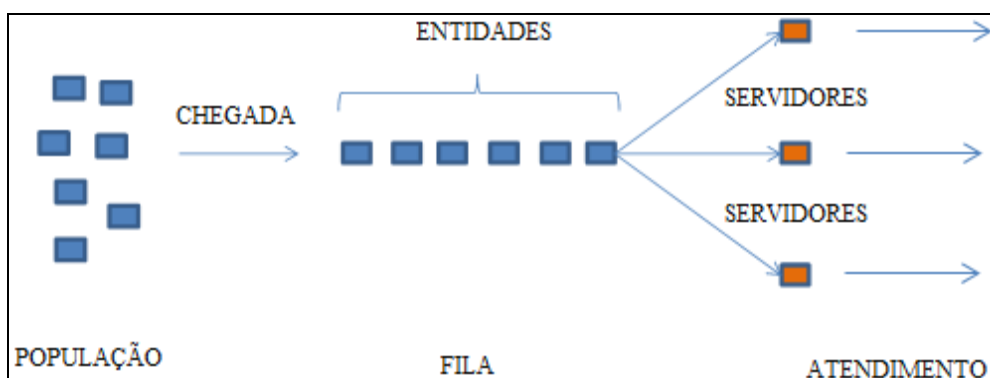


Figura 1- Ilustração de sistema de filas. Adaptado de (PRADO, 2009)

O tempo de atendimento é o momento em que a entidade sai da fila, ou seja, depois de já ter sido atendida pelos servidores. Já a espera é o tempo entre o qual a entidade chega e quando ele começa a ser atendido.

2.2 Cadeias de Markov

Em uma cadeia de Markov o evento futuro depende apenas do evento imediatamente anterior, não importando os fatos ocorridos anteriormente a este evento (TAHA, 2008). Utilizam-se cadeias de Markov para efetuar o dimensionamento de elevadores, pois a capacidade do mesmo depende de onde ele esteve no momento anterior, ou seja, a nova capacidade depende da quantidade de pessoas que entram e saem do elevador no andar anterior. Por isso, a ferramenta de Markov permite calcular a probabilidade de estar em um estado futuro imediatamente posterior.

Segundo Taha (2008), uma cadeia de Markov é composta por uma matriz de transição e pelos estados do sistema. Neste artigo, os estados utilizados são os andares do shopping, ou seja, quatro estados, como mostrado na Figura 2.

	G1	G2	T	S
G1	p_{11}	p_{12}	$p_{13} \dots p_{1n}$	
G2	p_{21}	p_{22}	$p_{23} \dots p_{2n}$	
T	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
S	p_{n1}	p_{n2}	$p_{n3} \dots p_{nn}$	

Figura 2 - Matriz de transição. Adaptado de (TAHA, 2008)

Para melhor entender, podemos dizer que o estado G1 é a condição de o elevador estar no andar G1, o estado S é a condição de o elevador estar no andar S e assim por diante.

2.3 Simulação de Monte Carlo

A ferramenta de simulação de Monte Carlo consiste basicamente em um procedimento para organizar dados e gerar números a partir de números aleatórios. Através destes números aleatórios a simulação pode ser utilizada no dimensionamento de elevadores, pois com eles podemos realizar os cálculos seguintes, utilizando a teoria das filas, com dados mais realistas. O modo mais simples para efetuar a simulação é encontrar a probabilidade e a probabilidade acumulada dos dados coletados, depois, gerar um intervalo de números, os quais vão permitir gerar um novo conjunto de números que possuam mesma distribuição da variável considerada (PRADO, 2009).

2.4 Trabalhos correlatos

Este tópico tem por finalidade apresentar os artigos mais recentes acerca de aplicação de teoria das filas. Em 2016 foi realizado um trabalho sobre o fluxo de pessoas na entrada de uma universidade. O acesso era realizado por meio de oito catracas e após a coleta de dados, cálculos e simulações, constatou-se que este é o principal gargalo. Como melhoria foi sugerida a adição de mais uma catraca, a qual reduziria em mais da metade a fila de acesso (CARVALHO; SILVA; MENDES, 2016).

Outro artigo sobre o tema teve o intuito de estudar as filas em uma unidade farmacêutica, os autores utilizaram softwares e conhecimentos estatísticos para análise dos dados. Com isso, foram feitos estudos do layout e do processo de atendimento. A demanda do local não é tão grande, por isso, o número de caixas de atendimento foi reduzido e o layout do local foi otimizado (SANTOS et al., 2016).

O seguinte estudo foi realizado em 2016, analisou a capacidade de atendimento aos clientes em um loja de departamentos, comparando teoria das filas e simulação de Monte Carlo. Na utilização dos dois métodos, Monte Carlo obteve melhor desempenho. A sugestão de melhoria foi coletar dados utilizando um software mais avançado, para que se obtenha mais dados e resultados mais próximos da realidade (GADELHA et al., 2016).

Foi feito também um estudo do sistema de filas em uma casa lotérica, utilizando simulação e teoria das filas, para comparar qual das duas maneiras é mais eficiente. Através dos dados coletados no local, constatou-se que a simulação é o melhor método para realizar o estudo de filas, já que gera dados mais semelhantes à realidade (SILVA et al., 2016).

O último artigo analisado é também um estudo de caso, o qual utilizou conceitos teóricos e simulação para otimizar o atendimento aos clientes em uma central de comunicações. Segundo Rodrigues et al. (2016), os clientes ficavam muito tempo esperando, com isso, a sugestão de melhoria foi colocar mais atendentes.

Com base nos artigos pesquisados, pode-se notar que ainda é escassa a aplicação da Teoria das filas em conjunto com os demais métodos utilizados em problemas de dimensionamento de elevadores, sendo esta portando, a contribuição do artigo.

3. Estudo de caso

O estudo de caso abordará o dimensionamento de elevadores em um shopping em construção, o edifício conterá quatro andares, sendo que a altura entre os andares é a mesma, oferecendo assim um tempo padrão para o deslocamento entre andares.

As demandas de clientes por andar, taxa de chegada, e o percentual de pessoas que descem em cada andar, taxa de saída, foram determinadas com base em suposições. Assim, várias combinações são consideradas para obter resultados mais robustos.

Foi determinado um tamanho base de elevador para realização dos cálculos, que possibilita obter resultados para fins de análise do dimensionamento adequado de elevadores para vários propósitos.

- a) Qual o desempenho dos elevadores com 15, 20, 25, 30 e 35 clientes;
- b) Considerando que a espera máxima de um cliente em qualquer um dos andares não deve ultrapassar $2/3$ do tempo de observação, ou seja, 60 segundos, qual deve ser a capacidade do elevador;
- c) Qual seria a melhor alternativa, instalar um elevador com capacidade de 35 clientes ou dois com capacidade de 15 cada um, tendo em vista a necessidade dos clientes.

3.1 Nomenclatura

- a) G1 = garagem um;
- b) G2 = garagem dois;
- c) T = piso térreo;
- d) S = piso superior;
- e) λ = taxa de chegada;
- f) $\pi 1$ representa G1;
- g) $\pi 2$ representa G2;
- h) $\pi 3$ representa T;

deveram fazer correspondência com as classes determinadas no passo 4.

Passo 6: Usar a teoria das filas para calcular as chegadas (1), chegadas acumuladas (2), atendimento (3), atendimento acumulado (4), fila (5), capacidade do elevador em cada andar (6) e espera dos clientes que foram atendidos durante o período de observação (7).

$$Ch = \lambda \times (t - t^*) \quad (1)$$

$$ChAc = Ch_{t^*} + \lambda_{eie} \times (t - t^*) \quad (2)$$

$$At = Cap \quad (3)$$

$$AtAc = Ac_{t^*} + Cap \quad (4)$$

$$Fila = ChAc - AtAc \quad (5)$$

$$Cap = Cele - [Uele \times (1 - \omega)] \quad (6)$$

$$Esp = Tat - Tch \quad (7)$$

Passo 7: Calcular a fila média (1) e verificar a espera máxima dentro os clientes atendidos durante o período de observação, analisar os resultados.

$$Filamed = \sum_i^n \frac{Fila}{n} \quad (1)$$

Passo 8: Análise dos resultados.

4. Resultados

A tabela seguinte representa um possível sequenciamento do elevador, a partir dela encontramos porcentagem com que o elevador para em cada um dos andares. As sequências propostas são determinadas com base nas possíveis predileções dos clientes.

Tempo	Sequenciamento elevador
1º minuto	T, G1, S, G2, T, S, S, G1, G2, T
2º minuto	S, G2, T, G1, G2, T, S, G2, T, G1
3º minuto	G2, G1, S, T, G1, G2, S, T, G2, T
4º minuto	S, G1, G2, T, S, T, G2, G1, T, S
5º minuto	T, G1, G2, S, G2, T, S, T, T, S
6º minuto	G2, T, S, T, S, G1, G2, G1, T, S
7º minuto	G1, G2, S, T, S, G2, G1, S, T, G1
8º minuto	S, T, G2, G1, G2, T, S, T, G1, S

Fonte: Autoria própria

Tabela 1 - Sequenciamento

Através da Tabela 1, obtivemos as probabilidades apresentadas na Tabela 2, e com isso pode-se realizar o passo 2, ou seja, a montagem da matriz de probabilidades, Figura 4 .

G1 → G1 = 0	G2 → G1 = 8	T → G1 = 7	S → G1 = 3
G1 → G2 = 8	G2 → G2 = 0	T → G2 = 3	S → G2 = 5
G1 → T = 2	G2 → T = 10	T → T = 1	S → T = 9

$G1 \rightarrow S = 4$	$G2 \rightarrow S = 3$	$T \rightarrow S = 11$	$S \rightarrow S = 1$
SOMA = 14	SOMA = 21	SOMA = 22	SOMA = 18

Fonte: Autoria própria

Tabela 2 - Probabilidades

	G1	G2	T	S
G1	0	0,57	0,14	0,29
G2	0,38	0	0,48	0,14
T	0,32	0,14	0,05	0,5
S	0,05	0,17	0,28	0,5

Figura 4 – Matriz de probabilidade. Fonte: autoria própria

Com a matriz de probabilidades determinada, podemos estabelecer a distribuição da probabilidade na constância, resolvendo o sistema da tabela 3. Os resultados obtidos foram:

$\pi_1 = 0,18$
$\pi_2 = 0,19$
$\pi_3 = 0,24$
$\pi_4 = 0,39$

Fonte: Autoria própria

Tabela 3 - Probabilidades na constância

Com as probabilidades obtidas, utilizamos a teoria de Monte Carlo para o estabelecimento das classes, as quais estão representadas na tabela 4.

Andares	Frequência	Frequência Acumulada	Número de bolas
G2	0,18	0,18	1 ~ 18
G1	0,19	0,37	19 ~ 37
T	0,24	0,61	38 ~ 61
S	0,39	1	62 ~ 100

Fonte: Autoria própria

Tabela 4 - Classes de Monte Carlo

Com as classes determinadas, foi realizado o sorteio de 12 bolas para a determinação da sequência fictícia, a qual está representada na tabela 5.

Número sorteado	G2	T	S	T	G1	T	S	G1	G2	T	G2	T
Andar	24	38	79	54	15	43	63	9	20	40	32	59

Fonte: Autoria própria

Tabela 5 - Sequência fictícia. Fonte: autoria própria

Com a sequência pré determinada, realizamos a análise desempenho da fila através da Teoria das Filas. Os valores base para resolução do problema foram determinados com base em suposições ao movimento que o shopping poderá ter, sendo eles taxa de chegada de pessoas, o tempo com que o elevador leva para ir de um andar ao outro e a porcentagem com que as pessoas descem em cada andar, chamado de taxa de saída. As tabelas seguintes mostram os valores de referência.

	G2	G1	T	S
Taxa de chegada	0,5	0,75	1	0,8
Taxa de saída	25%	33%	45%	40%

Fonte: Autoria própria

Tabela 6 - Taxas bases

	G2	G1	T	S
G2	-	5	10	15
G1	5	-	5	10
T	10	5	-	5
S	15	10	5	-

Fonte: Autoria própria

Tabela 7 - Tempos em segundo de deslocamento entre andares

Realizando o procedimento de cálculo da Teoria das Filas para um elevador com capacidade de 15 clientes e um tempo de observação de 90 segundos, obtivemos os seguintes resultados para o andar T.

T					
t	Ch	ChAc	At	AtAc	Fila
0	0	0	0	0	0
5	5	5	0	0	5
10	5	10	0	0	10
15	5	15	0	0	15
20	5	20	12	12	8
25	5	25	0	12	13
30	5	30	6,75	18,75	11,25
35	5	35	0	18,75	16,25
40	5	40	10	28,75	11,25
45	5	45	0	28,75	16,25
50	5	50	0	28,75	21,25
55	5	55	0	28,75	26,25
60	5	60	0	28,75	31,25
65	5	65	0	28,75	36,25
70	5	70	6,75	35,5	34,5
75	5	75	0	35,5	39,5
80	5	80	0	35,5	44,5
85	5	85	0	35,5	49,5

90 5 90 6,75 42,25 47,75

Fonte: Autoria própria

Tabela 8 - Desempenho andar T

O procedimento deve ser realizado para todos os outros andares, considerando também todas as capacidades de elevador.

Com base nos resultados obtidos, foram determinadas a fila média e a fila máxima por andar. Analisando apenas a fila percebemos que o ponto crítico se encontra no G1, pois é onde apresenta a maior média de filas, mostrando assim que durante a maior parte do tempo tem mais clientes esperando que nos outros andares. Porém o andar que apresentou maior fila foi o Superior (S). Os resultados são demonstrados na tabela abaixo.

FILAS MÁXIMAS E MÉDIAS					
		G2	G1	T	S
Cape = 15 entidades	Fila máxima (entidades)	32,5	57,6	49,5	60
	Fila média (entidades)	16,05	28,54	22,99	28,42
Cape = 20 entidades	Fila máxima (entidades)	30	54,3	40,75	56
	Fila média (entidades)	15,39	26,8	17,17	25,89
Cape = 25 entidades	Fila máxima (entidades)	27,5	50,16	35	49,7
	Fila média (entidades)	14,73	24,73	13,42	21,93
Cape = 30 entidades	Fila máxima (entidades)	25	44,2	31,5	37,25
	Fila média (entidades)	14,07	21,11	12,31	13,65
Cape = 35 entidades	Fila máxima (entidades)	23,75	28,65	29,25	36
	Fila média (entidades)	13,42	12,43	11,6	12,84

Fonte: Autoria própria

Tabela 9 – Filas máximas e médias para cada capacidade

Há uma redução das filas, porém o ponto crítico se mantém no G1 mesmo com a alteração da capacidade, porém a fila máxima no superior a partir do elevador com capacidade 25 migra para o G1, reforçando assim que o ponto crítico se encontra no andar G1, para a sequência pré-determinada.

Porém a fila é um indicador um tanto fraco, pois ele dificilmente mostra a situação real, assim foi decidido adotar também o tempo de espera dos clientes que estão aguardando atendimento, mostrando assim a verdadeira defasagem do sistema. As esperas calculadas foram somente dos clientes que foram atendidos durante o tempo de observação. Os valores encontrados estão a seguir.

ESPERA MÁXIMA					
		G2	G1	T	S
Cape = 15 entidades	Espera (s)	80	45	50	35
	Entidade	10°	7,5°	40°	12°
Cape = 20 entidades	Espera (s)	55	45	45	30
	Entidade	12,25°	7,5°	45°	12°

Cape = 25 entidades	Espera (s)	55	40	35	30
	Entidade	12,5°	11,25°	55°	12°
Cape = 30 entidades	Espera (s)	50	35	35	20
	Entidade	30°	15°	55°	4°
Cape = 35 entidades	Espera (s)	50	30	30	20
	Entidade	15°	3,75°	60°	4°

Fonte: Autoria própria

Tabela 10 – Espera máxima para cada capacidade

Analisando o resultado, verificamos que o ponto crítico não se encontra em G1, mas sim em G2, pois representa a espera máxima em todas as capacidades do elevador. O andar mais eficiente é o S, pois apresenta menor espera. Percebemos que com o aumento da capacidade dos elevadores há uma redução da espera, sendo em alguns andares mais significativos que em outro, como mostrado no gráfico.

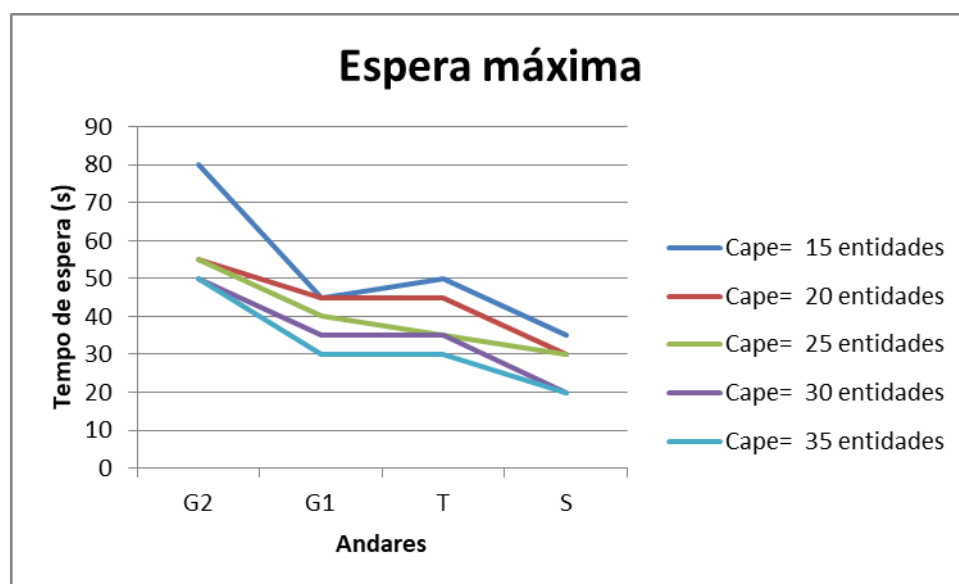


Figura 5 – Espera máxima entidades. Fonte: autoria própria

O dimensionamento do elevador é realizado com base em premissas pré-definidas pelo projeto, no presente estudo de caso deve se obedecer a condição de que a fila máximo em qualquer um dos andares pode ser no máximo 60 segundos, a condição é atendida com um elevador de capacidade de 20 clientes. As premissas quanto a valor de fila máxima, espera máxima podem variar de acordo com o projeto, porém o procedimento proposto continua sendo eficaz.

Com base nos resultados obtidos pela Teoria das Filas, percebe-se que o aumento da capacidade do elevador oferece uma melhoria significativa a partir da capacidade de 25 clientes, quando observado o indicador de fila. Quanto ao indicador de espera também percebe se uma melhoria no sistema quando a capacidade aumenta, podendo ser observada desde a capacidade de 20 entidades, e a uma variação significativa na entidade que mais

esperou. Porém tendo em vista que a fila e a espera se mantêm significativamente, é mais interessante para o cliente, possuir dois elevadores com menor capacidade do que um com uma maior capacidade, pois isso oferece ao cliente uma maior flexibilidade, respondendo assim a premissa de qual seria a melhor alternativa, instalar um elevador com capacidade de 35 clientes ou dois com capacidade de 15 cada um, tendo em vista a necessidade das entidades.

5. Considerações finais

O estudo de filas ainda é algo muito recente, principalmente quando aplicado ao dimensionamento de elevadores. Neste trabalho realizamos procedimentos para determinação do desempenho a fim de realizar o dimensionamento adequado dos elevadores. O método apresentado para dimensionamento não se restringe apenas a elevadores, podendo ser utilizado para dimensionamento de capacidade de ônibus, trens, navios, entre outros.

Após a realização do procedimento, conclui-se que com o aumento da capacidade dos elevadores houve uma redução nas filas e esperas, gerando assim uma melhoria do desempenho. Através do procedimento também verificamos que a fila não é um indicador mais recomendado, pois não mostra a situação real, sendo assim sugerida a utilização deste junto com a espera máxima, o qual mostra a real situação do ambiente.

Outro fator analisado superficialmente foi quanto à preferência dos clientes, entre um elevador com maior capacidade ou com mais de um elevador, porém com capacidade menor, onde a segunda opção oferece maior flexibilidade aos clientes, pois não necessita necessariamente seguir o mesmo sequenciamento.

Para estudos futuros recomenda-se a análise de outros sistemas de dimensionamento, também podem ser inseridas outras variáveis para análise de desempenho. Em paralelo a esse estudo desenvolver uma pesquisa para o dimensionamento de elevadores com mais de um elevador operando simultaneamente.

Referências

DO PRADO, D.S. *Teoria das Filas e da Simulação*. 4. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, v. 2, 1999.

TAHA, H.A. *Pesquisa Operacional*. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

TÔRRES, O.F. *Elementos da teoria das filas*. Revista de Administração de Empresas, Vol. 6, n. 20, p. 111-127, 1966.

CARVALHO, T.C.; DA SILVA, D.G.; MENDES, A.F. *Análise do fluxo de pessoas no sistema de acesso em uma universidade - Uma aplicação da teoria das filas utilizando o PROMODEL®*. Artigo. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa, PB, Brasil, 3 a 6 de Outubro de 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_231_350_29972.pdf>. Acesso em: 4 set. 2017.

DOS SANTOS, J.B.; PANTOJA, D.S.; AQUINO, A.R.; SILVA, F.A. *Estudo da teoria das filas em uma unidade farmacêutica situada no município de Abaetetuba, Pará*. Artigo. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa, PB, Brasil, 3 a 6 de Outubro de 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_316_29765.pdf>. Acesso em: 4 set. 2017.

GADELHA, G.R.O.; MORAES, J.K.P.; DANTAS, L.M.; JUNIOR, L.C.F.M.; NETO, M.A.C. *Aplicabilidade de teoria de filas e simulação de monte carlo em uma loja de departamentos em Castanhal/Pará*. Artigo. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa, PB, Brasil, 3 a 6 de Outubro de 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_231_350_29259.pdf>. Acesso em: 4 set.

SILVA, M.B.; SANTOS, R.D.; MATOS, V.R.; BRITO, A.F. *Análise do sistema de filas de uma casa lotérica através da simulação e teoria das filas*. Artigo. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE



VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 06 a 08 de dezembro de 2017

PRODUCAO. João Pessoa, PB. Brasil, 3 a 6 de Outubro de 2016. Disponível em:<http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_231_350_29698.pdf>. Acesso em: 4 set.

RODRIGUES, G.C.; DE SOUZA, B.L.; DA SILVA, D.A.S.; MONTERROZO, B.M.; DOS SANTOS, W.R.M. *Teoria das filas: aplicação e simulação em uma central de atendimento de serviços de telecomunicações*. Artigo. IN: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. João Pessoa, PB. Brasil, 3 a 6 de Outubro de 2016. Disponível em:<http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_231_350_30416.pdf>. Acesso em: 4 set.