



UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO PARA A MELHORIA DO PROCESSO DE LAVAGEM DE ROUPAS NA LAVANDERIA DE UM HOSPITAL DA REGIÃO DO VALE DO AÇO

Aloísio de Castro Gomes Júnior, Kamilly R. Tiburtino Carvalho, Núbia dos Santos Moreira

Centro Universitário do Leste de Minas Gerais - Unileste
Av. Tancredo Neves, 3500 – B. Universitário – Coronel Fabriciano/MG
algomesjr@gmail.com; kamillyr@gmail.com; nubiadossantosmoreira@gmail.com

Beatriz Martins Cota, Francielle Jhécica Ferreira de Castro

Centro Universitário do Leste de Minas Gerais - Unileste
Av. Tancredo Neves, 3500 – B. Universitário – Coronel Fabriciano/MG
biamartinns@hotmail.com; francielle_castro@outlook.com

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um modelo computacional, usando-se o ARENA, para simular o processo de lavagem em uma lavanderia hospitalar, com o objetivo de melhorar o desempenho e obter melhor utilização dos recursos. São apresentadas todas as etapas para a construção deste modelo computacional. Para analisar a lavanderia hospitalar, geraram-se quatro cenários diferentes, variando-se o número e o tipo das máquinas de lavar. Verificou-se pela simulação do cenário atual da lavanderia, que modificações devem ser feitas no setor de lavagem, pois as máquinas de lavar apresentavam altas taxas de utilização e o tempo médio de espera na fila no processo de lavagem era muito alto. Então, os demais cenários gerados buscavam alternativas para melhorar o processo neste setor. Os resultados se mostraram satisfatórios, com uma redução significativa dos tempos médios de fila no setor de lavagem e uma taxa de utilização mais adequada para as máquinas de lavar.

PALAVRAS CHAVE. Simulação, Lavanderia, Hospital.

Tópicos: Simulação

ABSTRACT

This article presents the development of a computational model, using ARENA, to simulate the washing process in a hospital laundry, with the objective of improving performance and obtaining better use of resources. All steps are presented for the construction of this computational model. To analyze the hospital laundry, four different scenarios were generated, varying the number and type of washing machines. It was verified by the simulation of the current laundry scenario that modifications should be made in the laundry sector because the washing machines had high utilization rates and the average queuing time in the washing process was very high. Then, the other scenarios generated looked for alternatives to improve the process in this sector. The results were satisfactory, with significant reduction of the average queue time in the washing sector and a better utilization rate for washing machines.

KEYWORDS. Simulation. Laundry. Hospital.

Paper topics: Simulation



1. Introdução

A lavanderia de um hospital é um setor muito importante, pois procura manter todo tipo de roupa utilizada por médicos, enfermeiros e pacientes em bom estado e livre de qualquer tipo de infecção ou bactéria. A lavanderia fornece os meios corretos para a lavagem de lençóis, cobertores, roupas verdes (usadas por médicos e pacientes), campos verdes (usados em cirurgias), camisolas, etc.

O processo da lavanderia estudada é constituído das seguintes etapas: (i) separação das roupas por tipo e grau de sujeira; (ii) pesagem; (iii) lavagem; (iv) secagem; (v) passagem (alguns tipos de roupa); (vi) dobragem e (vii) armazenamento.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de simulação para melhorar o desempenho de uma lavanderia hospitalar, buscando uma melhor utilização dos recursos existentes. A lavanderia analisada presta o serviço de lavagem, secagem, passagem e dobramento de roupas para o Hospital X, assim denominado para assegurar confidencialidade dos dados, e para alguns hospitais da região do Vale do Aço, no estado de Minas Gerais.

Adotou-se a simulação neste estudo, porque através da simulação pode-se analisar a substituição dos equipamentos existentes por equipamentos mais novos, sem haver necessidade de alteração no sistema atual. O estudo servirá como um parâmetro para saber se o Hospital X fará as substituições dos equipamentos ou não.

O trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre simulação e sua utilização na área hospitalar, a seção 3 apresenta o problema estudado, o modelo conceitual, e os resultados oriundos das simulações realizadas e a seção 4 conclui o trabalho.

2. Revisão Bibliográfica

A Simulação Computacional, segundo [Hillier e Lieberman 2013], é a técnica de Pesquisa Operacional mais utilizada e se destaca por ser flexível, poderosa, intuitiva e por apresentar um menor nível de complexidade [Prado 2006]. Ela é capaz de gerar cenários e aferir possíveis melhorias de forma a otimizar processos e aproveitar, ao máximo, a capacidade dos recursos disponíveis.

Em seu trabalho, [Hein e Loesch 2009, p.207] definem simulação como uma técnica que envolve a construção de um modelo de uma situação real para sua posterior experimentação. Segundo [Andrade 2004], o modelo é geralmente executado em computadores respeitando todas as regras e condições reais a que o sistema está submetido. Uma definição semelhante é apresentada por [Bateman *et al.* 2013], que falam que a simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno.

De acordo com [Freitas Filho 2008] e [Hillier e Lieberman 2013], através da Simulação Computacional é possível responder a questões do tipo: “O que aconteceria se?”, por reproduzir um determinado sistema ou processo em estudo e projetar novas situações sem interferir e alterar sua condição atual.

Os modelos de simulação, segundo [Chwif e Medina 2016], são utilizados particularmente como ferramentas para se obter respostas a sentenças do tipo “O que ocorre se...?”, como por exemplo: “O que ocorre se adicionarmos um terceiro turno de produção?”; “O que ocorre se houver um pico de demanda de 30%?”; “O que ocorre se adquirirmos um novo equipamento?”.

A simulação de eventos discretos, segundo [Chwif e Medina 2016], é utilizada para modelar sistemas que mudam o seu estado em momentos discretos no tempo, a partir da ocorrência de eventos. Um evento discreto é definido por [Bateman 2013] como uma ação instantânea que ocorre em um único momento.

Segundo [Chwif e Medina 2016], o desenvolvimento de um modelo de simulação compõe-se de três grandes etapas:



- Concepção ou formulação do modelo;
- Implementação do modelo;
- Análise dos resultados do modelo.

Na primeira etapa, concepção, deve-se entender claramente o sistema a ser simulado e os seus objetivos. Nesta etapa, deve-se decidir qual será o escopo do modelo, suas hipóteses e o seu nível de detalhamento. Os dados de entrada também devem ser coletados nesta etapa. Para finalizar esta etapa, deve-se representar o sistema a ser simulado como um modelo de simulação, utilizando-se alguma técnica específica. Tem-se então o modelo conceitual. [Chwif e Medina 2016]

Na segunda etapa, implementação, o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional através da utilização de alguma linguagem de programação ou de um simulador computacional. Nesta etapa é realizada, também, a verificação e a validação do modelo computacional. A validação é realizada através da simulação de um cenário, cujas respostas no mundo real são conhecidas, e a posterior comparação dos resultados obtidos pela simulação com os resultados apresentados pelo sistema real. [Chwif e Medina 2016]

Na terceira etapa, análise, o modelo computacional está pronto para a realização de experimentos, dando origem ao modelo experimental ou modelo operacional. [Chwif e Medina 2016]

Segundo [Chwif e Medina 2016], o campo de aplicação da simulação é muito amplo. A sua área de aplicação, segundo estes autores, pode ser dividida em dois grandes setores: manufatura e serviços.

No setor de serviços, uma das áreas de aplicação é a área hospitalar. Na área hospitalar, a simulação poder ser aplicada para estudar o comportamento de UTI's, dimensionamento de ambulâncias, testes de políticas de transplantes de órgãos, etc. [Chwif e Medina 2016]

A seguir são apresentados alguns trabalhos de aplicação da simulação na área hospitalar.

O trabalho de [Miranda *et al.* 2013] apresenta um modelo de simulação para a resolução do problema de uma unidade de processamento de roupas de um hospital em São Paulo. Os autores usam um modelo de simulação com otimização para “maximizar” o total de roupas lavadas em uma semana nesta unidade. As variáveis de entrada para o modelo eram o número de lavadoras, centrífugas, secadoras, e número de operadores nas áreas contaminadas e não contaminadas.

No trabalho de [Silva *et al.* 2016] a simulação de eventos discretos é utilizada para o redimensionamento da capacidade de um centro cirúrgico de um hospital de emergência.

Por sua vez, o trabalho de [Rocha *et al.* 2013] apresenta um modelo de simulação para a análise da distribuição de medicamentos em uma unidade hospitalar. Os autores procuraram analisar o impacto da variação da demanda e do tempo de paradas não planejadas dos funcionários de separação sobre a distribuição de medicamentos no horário correto.

No trabalho de [Oliveira *et al.* 2011] é desenvolvido um modelo integrado de simulação para avaliar o desempenho do sistema de admissão de pacientes na emergência hospitalar. O modelo integrado proposto pelos autores procura integrar todas as áreas de um sistema de emergência hospitalar, incluindo-se a parte externa, a porta de entrada, a triagem e classificação de risco, e o fluxo dos pacientes pelos setores mais importantes da emergência hospitalar do hospital estudado por eles. Esse estudo foi proposto pela Secretaria Municipal de Saúde e Defesa Civil da Cidade do Rio de Janeiro, no intuito de melhorar a acessibilidade e a qualidade dos serviços de emergência para a Copa do Mundo de 2014 e Jogos Olímpicos de 2016. O fluxo de pacientes foi medido em três etapas: demanda pré-hospitalar, classificação de risco em três níveis de complexidade e internação hospitalar. A partir daí os autores utilizarão a simulação para configurar a equipe de profissionais em cada setor, afim de reduzir o tamanho das filas e os tempos de espera para o atendimento.

E no trabalho de [Oliveira *et al.* 2006] faz-se uma simulação do sistema de admissão na emergência do Hospital Universitário Antônio Pedro. Foi criado um modelo de simulação a eventos discretos para avaliar um sistema alternativo de classificação de risco em três níveis,



onde foi analisado o comportamento do sistema com e sem priorização no atendimento. Ao final do trabalho comprovou-se que a introdução do sistema de priorização causa uma redução significativa nos tempos médios de espera dos pacientes de alta e média complexidade.

No trabalho de [Freitas *et al.* 2014] é desenvolvido um modelo de simulação a eventos discretos para o dimensionamento de leitos em hospitais de acordo com a demanda por especialidade médica. A pesquisa tomou como base para modelagem um hospital particular, apenas no processo de internação e a amostra de estudo restringiu-se a dados referentes a 2566 internações em 95 leitos que foram realizadas pela empresa no período de três meses, envolvendo apenas a participação da gerência dos setores onde o estudo foi aplicado. Através desse modelo foi possível perceber que o remanejamento de leitos entre especialidades é capaz de melhorar suas taxas de ocupação consideravelmente.

3. Simulação da Lavanderia Hospitalar

3.1. Cenário Estudado

A lavanderia hospitalar estudada localiza-se dentro do Hospital X, assim denominado para assegurar confidencialidade dos dados, situado na região do Vale do Aço. A lavanderia analisada atende não só a demanda do Hospital X, como também presta serviços a outros hospitais e clínicas da região.

O procedimento aplicado para a lavagem das roupas na lavanderia é descrito a seguir.

A roupa suja é recolhida por um colaborador que é responsável pela coleta de todos os setores do hospital e também pelas roupas que chegam em caminhões trazidas dos hospitais que a lavanderia presta serviço. Esta roupa é armazenada em sacos, que são identificados com o centro de custo de cada setor, esta identificação serve para saber a quantidade de roupa utilizada pelo setor. Todas as roupas são encaminhadas para a área crítica da lavanderia, essa área é completamente isolada da área limpa, para que não haja contaminação cruzada, onde a roupa limpa se encontra com a roupa suja.

Assim que a roupa chega à área crítica da lavanderia, a mesma é pesada. O colaborador que é responsável pela coleta, agora separa os sacos pelos os centros de custos e pesa para saber a quantidade em quilos de roupas sujas geradas pelo setor, em seguida o peso da roupa é anotado em uma folha para o controle da circulação da roupa pelo hospital. Depois de pesados, os sacos com roupas sujas permanecem em uma área, até que seja realizada a separação das roupas.

Dois colaboradores são responsáveis pela realização da separação das roupas. Os colaboradores abrem os sacos de roupas sujas aleatoriamente, e começam a separação das mesmas por tipo de sujidade (leve ou pesado) e/ou tipo de tecido. As roupas são armazenadas em baias de acordo com as especificações que cada baia possui, sendo estas especificações mostradas: campo verde leve; campo verde pesado; roupa verde leve; roupa verde pesado; atalhados leve; atalhados pesado; lençol adulto leve; lençol adulto pesado; roupa branca leve; roupa branca pesada; berçário; lençol pediatria; compressa; roupa azul; cobertor; e campo branco pesado.

A diferenciação das roupas leves para as roupas pesadas é o tipo de sujidade. Uma roupa é considerada de sujidade leve, quando não possui nenhuma sujeira ou respingo de sangue, fezes ou vômito. Essa roupa tem que ter a aparência de que não foi usada. Já a roupa com sujidade pesada, pode estar suja com vômitos, fezes ou sangue.

A roupa agora é pesada de acordo com a capacidade de lavagem das máquinas. Um único colaborador é responsável por operar as máquinas. Vale ressaltar que as peças de roupas pesadas devem ser iguais e possuir o mesmo tipo de sujidade, além disso, o colaborador deve pesar três carrinhos de roupa que devem possuir o mesmo peso para serem distribuídos igualmente na lavadora. A lavanderia hospitalar estudada possui quatro máquinas de capacidades variadas e algumas máquinas não lavam certos tipos de peças.

Depois de pesar as roupas o operador das máquinas as leva para as lavadoras. A máquina possui três bojos onde cada bojo deverá ter exatamente o mesmo peso e o mesmo tipo de peça.



Na Tabela 1 têm-se os tempos de processamento de cada tipo de lavagem em cada lavadora, pois como as capacidades de lavagem são diferentes, os tempos do seu processo também serão distintos.

Ao final de cada processo de lavagem, a máquina emite um sinal sonoro na área limpa, que indica ao colaborador responsável por seu descarregamento que o processo de lavagem chegou ao fim. As máquinas possuem travas de segurança que não permitem a abertura das mesmas na área suja enquanto sua porta na área limpa estiver aberta, e vice-versa. A roupa após ser retirada da lavadora pelo colaborador, é colocada em um carrinho para ser encaminhada para a secadora disponível. Após terminar de descarregar a lavadora, o colaborador da área limpa avisa ao colaborador da área suja por meio de uma campainha, que a máquina está livre para ser carregada novamente.

Tabela 1: Tempos de Lavagem e capacidade das máquinas de lavar por tipo de roupa

Lavadora	Capacidade	Tempos de lavagem
Lavadoras Tipo M1 e M2	Cobertor: 123 Kg	Cobertor: 1h 10 min.
	Sujidade Leve: 219 Kg	Sujidade Leve: 1h 10 min.
	Sujidade Pesada: 201 Kg	Sujidade Pesada: 2h 30 min.
	Compressa: 201 Kg	Compressa: 3h 20 min.
	Lençol: 180 Kg	Lençol: 3h
Lavadora Tipo M3	Sujidade Leve: 90 Kg	Sujidade Leve: 1h 10 min.
	Sujidade Pesada: 84 Kg	Sujidade Pesada: 2h 10 min.
Lavadora Tipo M4	Cobertor: 150 Kg	Cobertor: 1h
	Sujidade Leve: 240 Kg	Sujidade Leve: 1h
	Sujidade Pesada: 240 Kg	Sujidade Pesada: 1h 40 min.
	Compressa: 240 Kg	Compressa: 2h
	Lençol: 210 Kg	Lençol: 2h

A lavanderia possui sete secadoras, sendo que cada uma delas possui capacidades diferentes, lembrando que cada tipo de peça possui um tempo de secagem específico. As capacidades das secadoras são diferentes, as Secadoras 1 e 7 possuem capacidade de 100 kg, as Secadoras 2, 3, 4 e 5, possuem capacidade de secagem de 50 kg, e a Secadora 6 possui capacidade de 30 kg. Sendo assim, os tempos de secagem das peças são diferentes e variam de acordo com a capacidade de cada secadora.

A lavanderia possui duas calandras onde são passadas apenas os lençóis adultos, e os lençóis da pediatria, essas calandras funcionam através de vapor e são necessários cinco colaboradores para o seu funcionamento, sendo dois colaboradores para colocar o lençol a ser passado na calandra, outros dois para fazer o chamado “canudo” que é a primeira dobra técnica do lençol e outro colaborador que termina de realizar as dobras nos lençóis.

Todas as peças lavadas na lavanderia são dobradas, e cada peça possui um dobra técnica padrão em todas as lavanderias hospitalares. A dobragem é muito importante, pois além das colaboradoras fazerem a dobra nas peças, elas têm que verificar se cada peça a ser dobrada não possui nenhuma sujeira, mancha ou rasgado. Ao verificar cada peça na hora da dobragem, as colaboradoras separam as peças que estão sujas e as encaminham novamente para serem lavadas, as que estão com manchas são encaminhadas para o setor de mancha, e as que possuem rasgos ou algum tipo de reparo a ser realizado são encaminhadas para a costura.

As peças que os colaboradores da dobragem separam como sujas, são armazenadas em sacos e depois que esses sacos estão cheios, elas as encaminham para a área crítica no formato de trouxas de roupas. Na área crítica os colaboradores responsáveis por fazer a separação, sabem que as roupas que chegaram não podem ser misturadas com as roupas que vêm dos setores em sacos, pois podem contaminar e sujar ainda mais as roupas.

Existem 11 colaboradores no setor de dobragem, divididos da seguinte forma: 1 colaborador para dobrar lençóis; 1 colaborador para dobrar toalhas; 3 colaboradores para dobrarem roupas verdes; 3 colaboradores para dobrarem camisolas; 1 colaborador para dobrar



roupas brancas; 1 colaborador para dobrar roupas azuis; 1 colaborador para dobrar cobertores; 1 colaborador para dobrar compressas.

As peças que possuem manchas, são encaminhadas para o Depósito de Materiais de Limpeza, lá possui um colaborador que é responsável por retirar as manchas encontradas nos tecidos. Normalmente as manchas mais frequentes nas peças são: ferrugem, mofo e manchas provocadas por remédios. Após as manchas serem tiradas, as roupas são colocadas em trouxas e encaminhadas para a área crítica, estas roupas não necessitam ser separadas, as trouxas são pesadas e lavadas todas misturadas com sujeira leve. Este é o único caso que permite a lavagem de roupas misturadas.

3.2. Coleta e Tratamento de Dados

As coletas de dados foram realizadas através do acompanhamento dos colaboradores em suas atividades, desta forma foi possível a coleta dos tempos de cada etapa no processo de lavagem.

Coletaram-se 50 tempos das seguintes atividades: (1) intervalo entre chegadas dos carrinhos com roupa suja; (2) separação das roupas; (3) carregamento e descarregamento das roupas nas máquinas de lavar; (4) secagem de cada tipo roupa em cada tipo de secadora; (5) passagem das roupas; (6) dobragem de cada tipo de roupa.

No processo de secagem cronometrou-se, em cada secadora, o tempo gasto para secar cada tipo de peça. Como existe uma variabilidade dos tempos de secagem em cada secadora, optou-se por coletar o tempo de cada peça em cada secadora por cinquenta vezes.

Além dos tempos destas atividades, coletou-se também o número de peças de acordo com a sujeira e o tipo de peça. A coleta deste dado foi realizada, através de uma planilha de controle de quantidade de roupas lavadas por sujeiras por semana. Pois não foi possível coletar estes dados juntamente com os colaboradores da área crítica, devido ao acúmulo de roupas que geraria grande impacto no setor.

Para realizar o tratamento dos dados utilizou-se a ferramenta *Input Analyser* do ARENA. As distribuições geradas pelo *Input Analyser* são apresentados na Tabela 2. Na primeira coluna da Tabela 2 têm-se as atividades cujo tempo de duração foi medido, na segunda coluna têm-se as distribuições de probabilidade geradas pelo *Input Analyser*, na terceira coluna têm-se as unidades de medida de tempo consideradas para cada atividade e na quarta coluna têm-se o erro quadrado apresentado pelo *Input Analyser* para a distribuição apresentada. Os tempos nas atividades de dobrar correspondem ao dobramento de uma única peça daquele tipo de roupa. E o processo de chegada de roupas corresponde ao intervalo de tempo entre a chegada consecutiva de dois carrinhos de roupa.

3.3. Modelo Conceitual

Para representar o sistema a ser analisado, optou-se pela utilização do Diagrama de Ciclo de Atividades (DCA). O DCA é uma representação gráfica do ciclo de vida de todas as entidades envolvidas no sistema.

Pode-se utilizar o DCA para descrever um problema através dos estados das entidades em cada momento. Em sua versão mais simples, os elementos do DCA são três: entidades, filas e atividades. Estes elementos devem ser colocados no diagrama dentro de regras definidas. A primeira regra diz que deve haver alternância entre atividades e filas. A segunda regra diz que uma determinada fila pode conter somente um tipo de entidade. Uma terceira regra que diz que as entidades devem percorrer ciclos fechados. Há outras regras de construção, mas as três acima citadas são as principais [Saliby *et al.* 2002, p. 3].

O DCA para a Lavanderia Hospitalar estudada é apresentado na Figura 1. No DCA da Figura 1, cada tipo de linha representa uma entidade, os retângulos representam as atividades e os círculos representam as filas.



3.4. Modelo Computacional

O modelo computacional foi desenvolvido no *software* de simulação ARENA 14.7. No modelo desenvolvido foram consideradas variáveis representando a quantidade de cada tipo de roupa (em Kg) mantida em estoque (aguardando para serem lavadas) na área crítica. Quando um determinado tipo de roupa alcançasse uma pesagem mínima, era emitido então um pedido de lavagem para este tipo de roupa. Sendo que lençóis e toalhas tinham prioridade sobre os demais tipos de roupa. Lembrando aqui, que as peças de roupa eram separadas por tipo e grau de sujidade e as variáveis procuravam considerar este fato. Para determinar o percentual de cada tipo de roupa e grau de sujeira que chegavam à lavanderia, utilizaram-se relatórios da empresa referente a um mês de atividade. O carrinho que levava a roupa até a lavanderia comporta até 90 Kg de roupa. No estudo realizado considerou-se que o carrinho estava sempre cheio.

Tabela 2: Expressões Geradas pelo *Input Analyser* para as diversas atividades da Lavanderia Hospitalar

Expressões Input Analyser			
Atividade	Expressão	Unidade de Tempo	Erro Quadrado
Carregamento das Lavadoras	$254 + WEIB(245, 1.18)$	Segundos	0.030568
Carregamento das Secadoras	$80 + 229 * BETA(0.83, 1.91)$	Segundos	0.023335
Chegada das roupas	NORM(860, 367)	Segundos	0.035291
Descarregamento das Lavadoras	TRIA(240, 381, 900)	Segundos	0.081061
Descarregamento das Secadoras	UNIF(80, 241)	Segundos	0.105143
Dobrar Berçário	$7.5 + 18 * BETA(1.19, 1.24)$	Segundos	0.014738
Dobrar Campo	TRIA(9.5, 21, 64.5)	Segundos	0.025199
Dobrar Capote Cirurgico	TRIA(57, 82.1, 174)	Segundos	0.039340
Dobrar Cobertor	NORM(34.6, 6.49)	Segundos	0.017522
Dobrar Kit	$11.5 + 68 * BETA(2.33, 1.75)$	Segundos	0.013810
Dobrar Lençol	NORM(9.6, 1.74)	Segundos	0.007866
Dobrar Roupa Verde	$13.5 + ERLA(3.27, 3)$	Segundos	0.016565
Dobrar Toalha	$7.5 + ERLA(3.27, 3)$	Segundos	0.016565
Passar Roupa	$-0.5 + ERLA(0.847, 8)$	Segundos	0.100926
Separação Área Crítica	$66 + WEIB(47.5, 1.31)$	Segundos	0.007282
Tempo Secagem (1) Atoalhados	$39.5 + 61 * BETA(2.43, 2.24)$	Minutos	0.016881
Tempo Secagem (1) Camisola	$20.5 + ERLA(2, 5)$	Minutos	0.019554
Tempo Secagem (1) Campo Verde	$74.5 + 36 * BETA(1.27, 1.12)$	Minutos	0.009019
Tempo Secagem (1) Cobertor	$20.5 + ERLA(2, 5)$	Minutos	0.019554
Tempo Secagem (1) Lençol Adulto	$7.5 + 13 * BETA(1.52, 1.43)$	Minutos	0.009257
Tempo Secagem (1) Lençol Pequeno	$52.5 + 44 * BETA(1.32, 1.82)$	Minutos	0.011083
Tempo Secagem (1) Roupa Branca	$38.5 + 18 * BETA(0.855, 0.943)$	Minutos	0.034182
Tempo Secagem (1) roupa Verde	$52.5 + 44 * BETA(1.33, 1.86)$	Minutos	0.010075
Tempo Secagem (2) Atoalhados	$39.5 + 61 * BETA(2.43, 2.24)$	Minutos	0.016881
Tempo Secagem (2) Camisola	$38.5 + 18 * BETA(0.839, 0.934)$	Minutos	0.032501
Tempo Secagem (2) Campo Verde	NORM(70.8, 9.97)	Minutos	0.011077
Tempo Secagem (2) Cobertor	$20.5 + ERLA(2, 5)$	Minutos	0.019554
Tempo Secagem (2) Lençol Adulto	$7.5 + 13 * BETA(1.52, 1.43)$	Minutos	0.009257
Tempo Secagem (2) Lençol Pequeno	$44.5 + WEIB(22.8, 2.08)$	Minutos	0.009751
Tempo Secagem (2) Roupa Branca	$69.5 + 26 * BETA(1.04, 1.04)$	Minutos	0.010278
Tempo Secagem (2) roupa Verde	NORM(70.1, 11.4)	Minutos	0.011394
Tempo Secagem (6) Atoalhados	NORM(70.8, 9.97)	Minutos	0.011077
Tempo Secagem (6) Berçário	POIS(96.8)	Minutos	0.157943
Tempo Secagem (6) Camisola	$59.5 + 37 * BETA(1.29, 1.64)$	Minutos	0.015913
Tempo Secagem (6) Campo Verde	NORM(71.9, 10.2)	Minutos	0.010296
Tempo Secagem (6) Cobertor	TRIA(9.5, 16, 28.5)	Minutos	0.027368
Tempo Secagem (6) Lençol Adulto	$7.5 + 13 * BETA(1.52, 1.43)$	Minutos	0.009257
Tempo Secagem (6) Lençol Pequeno	$53.5 + 30 * BETA(1.27, 1.19)$	Minutos	0.009870
Tempo Secagem (6) Roupa Branca	$38.5 + 18 * BETA(0.855, 0.943)$	Minutos	0.034182
Tempo Secagem (6) roupa Verde	$20.5 + ERLA(2, 5)$	Minutos	0.019175

Para representar a quantidade de peças lavadas, criaram-se, também, variáveis no ARENA. Desta forma, quando a variável alcançasse um valor mínimo (quantidade mínima de roupa a ser secada em determinada secadora), emitia-se um pedido de secagem das roupas.



3.5. Validação

Para validar o modelo computacional gerado, foi simulado o cenário real e considerado o número de roupas lavadas em um mês como parâmetro comparativo. Em um relatório fornecido pelo Hospital X, verificou-se um total de 146.833 Kg de roupas lavadas, em um determinado mês.

Simulando-se o cenário real, obteve-se um total de 153.920 Kg de roupas lavadas. Este valor é 4,8% maior que o valor apresentado pelo relatório do hospital. Como este valor é muito pequeno, inferior a 5%, pode-se considerar que o sistema simulado representa bem o sistema real.

3.6. Testes Computacionais

Cenário 1: Sistema Real

O primeiro cenário simulado consiste do cenário atual da lavanderia do Hospital X. A Tabela 3 apresenta os resultados deste cenário. São apresentados nesta tabela apenas os resultados relacionados com as máquinas de lavar e secar, por serem os mais relevantes para análise.

Tabela 3: Resultados Importantes do Cenário 1 simulado

Atividades	Tempo Médio de Espera na Fila (em min)	Tamanho Médio da Fila (nº pedidos)	Recursos	Taxa de Ocupação (%) dos Recursos
Lavagem M1	2.511,26	21,1	Lavadora M1	100,0
Lavagem M2	2.390,59	20,7	Lavadora M2	100,0
Lavagem M3	2.274,50	20,8	Lavadora M3	100,0
Lavagem M4	1.943,05	20,9	Lavadora M4	100,0
Secagem S1/S7	19,50	0,5	Secadora S1/S7	70,2
Secagem S2 a S5	3,59	0,1	Secadora S2 a S5	56,6
Secagem S6	24,62	0,5	Secadora S6	86,1
Quantidade média de roupas lavadas em um mês (em Kg):				153.920

No Cenário 1, verifica-se uma taxa de ocupação de 100% das máquinas de lavar e altos tempos médios de espera na fila para essas máquinas. Observa-se, também, um número grande de pedidos aguardando na fila (aproximadamente 21 pedidos, em média, em cada uma das máquinas de lavar). O ideal seria que essa taxa de ocupação estivesse em torno dos 90%, deixando os outros 10% do tempo para manutenções preventivas e limpezas do equipamento.

A quantidade média de roupas lavadas em um mês foi de 153.920 Kg.

Cenário 2: Acréscimo de uma máquina de Lavar do tipo M4

Baseado no Cenário 1, resolveu-se incluir uma nova máquina do tipo M4 neste novo cenário. Decidiu-se inserir mais uma máquina do tipo M4, pois ela é a mais moderna de todos os tipos existentes na lavanderia.

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos com a simulação deste novo cenário.

Observa-se neste cenário, uma melhor taxa de ocupação das máquinas de lavar, mas ainda sim, essa taxa de ocupação está alta para a máquina lavadora do tipo M1 (98,5%). Vê-se, neste cenário, uma queda significativa dos tempos médios de espera e dos tamanhos médios de fila dos processos de lavagem. Verificou-se, também, um aumento na taxa de ocupação das máquinas de secar. Este fato se deve ao aumento do número total de roupas lavadas.

A quantidade média de roupas a serem lavadas foi de 178.055 Kg, correspondendo a um aumento de 15,7% em relação ao Cenário 1.



Tabela 4: Resultados Importantes do Cenário 2 simulado

Atividades	Tempo Médio de Espera na Fila (em min)	Tamanho Médio da Fila (n° pedidos)	Recursos	Taxa de Ocupação (%) dos Recursos
Lavagem M1	114,31	0,8	Lavadora M1	98,5
Lavagem M2	59,8	0,3	Lavadora M2	66,7
Lavagem M3	83,6	0,6	Lavadora M3	92,4
Lavagem M4	18,9	0,3	Lavadora M4	83,0
Secagem S1/S7	54,1	1,8	Secadora S1/S7	86,7
Secagem S2 a S5	4,7	0,2	Secadora S2 a S5	62,2
Secagem S6	27,6	0,6	Secadora S6	89,5
Quantidade média de roupas lavadas em um mês (em Kg):				178.055

Cenário 3: Substituição das Máquina dos tipos M1 a M3 por máquinas do tipo M4

Neste terceiro cenário, resolveu-se substituir as máquinas antigas (máquinas de lavar do tipo M1 a M3) por máquinas mais novas e de maior capacidade (máquinas de lavar do tipo M4). Portanto, neste cenário, utilizaram-se 4 máquinas de lavar do tipo M4.

Os resultados deste terceiro cenário são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados Importantes do Cenário 3 simulado

Atividades	Tempo Médio de Espera na Fila (em min)	Tamanho Médio da Fila (n° pedidos)	Recursos	Taxa de Ocupação (%) dos Recursos
Lavagem M4	12,8	0,4	Lavadora M4	80,4
Secagem S1/S7	76,1	2,6	Secadora S1/S7	90,9
Secagem S2 a S5	4,3	0,2	Secadora S2 a S5	58,9
Secagem S6	25,2	0,5	Secadora S6	84,9
Quantidade média de roupas lavadas em um mês (em Kg):				179.655

Observa-se neste cenário, uma taxa de ocupação de 80,4% para as máquinas de lavar, deixando uma margem para um posterior possível aumento na demanda. O tempo médio de espera na fila na máquina de lavar caiu para 12,8 minutos. Houve um pequeno aumento da taxa de ocupação das máquinas de secar, em relação ao Cenário 2. O tempo médio de espera na máquina de secar do tipo S1 e S7 aumentou para 76,1 minutos, mas houve redução do tempo médio de espera das outras máquinas de secar (S2 a S6), comparando com o Cenário 2.

A quantidade média de roupas a serem lavadas foi de 179.655 Kg, correspondendo a um aumento de 16,7% em relação ao Cenário 1 e 0,8% em relação ao Cenário 2.

Cenário 4: Acréscimo de uma máquina do tipo M4 ao Cenário 3

Neste último cenário, incluiu-se uma nova máquina de lavar do tipo M4, totalizando 5 máquinas de lavar desse tipo.

Os resultados do Cenário 4 são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados Importantes do Cenário 4 simulado

Atividades	Tempo Médio de Espera na Fila (em min)	Tamanho Médio da Fila (n° pedidos)	Recursos	Taxa de Ocupação (%) dos Recursos
Lavagem M4	2,6	0,1	Lavadora M4	63,9
Secagem S1/S7	79,2	2,7	Secadora S1/S7	91,1
Secagem S2 a S5	4,3	0,2	Secadora S2 a S5	57,4
Secagem S6	24,7	0,5	Secadora S6	83,1
Quantidade média de roupas lavadas em um mês (em Kg):				178.460



Observa-se, neste novo cenário, a redução da taxa de ocupação das máquinas de lavar para aproximadamente 64%. As taxas de ocupação das lavadoras variaram muito pouco em relação ao Cenário 3, assim como os tempos médios de espera na fila. O tempo médio de espera na fila do processo de lavagem caiu para 2,6 minutos.

Entretanto, observa-se que a quantidade média de roupas lavadas em um mês reduziu para 178.460 Kg. Isto significa que o acréscimo da nova máquina de lavar não surtirá efeito, a menos que ocorra um aumento na taxa de entrada das peças de roupa, ou seja, ocorra um aumento na demanda de roupas a serem lavadas.

4. Conclusões

Apresentou-se, neste trabalho, a utilização da simulação para melhorar o desempenho de uma lavanderia hospitalar. Apresentaram-se todos os passos para o desenvolvimento desta simulação, da concepção até os testes computacionais utilizando-se o *software* ARENA.

A lavanderia possui quatro tipos de máquinas de lavar, cada uma com sua capacidade e tempo necessário para lavar as roupas. Ao todo, na lavanderia, há 4 máquinas de lavar, sendo uma de cada tipo. A lavanderia possui, também, sete secadoras de três tipos diferentes.

Verificou-se através do estudo feito, que a lavanderia do Hospital X pode aumentar a quantidade de roupas lavadas por mês em 16,7%, se houvesse uma troca das máquinas dos tipos M1 a M3 por máquinas do tipo M4 (Cenário 3). Além disto, esta modificação reduziria a taxa de utilização das máquinas de lavar, que estão em 100%. Também são reduzidos significativamente os tempos de espera para os pedidos de lavagem de roupa com estas modificações. O Cenário 3 foi o mais promissor para a lavanderia entre os cenários analisados.

Cabe agora ao Hospital X realizar uma análise de viabilidade econômica e financeira para verificar se aumento no número de roupas lavadas por mês compensa os gastos com aquisição de novos equipamentos.

Referências

- Andrade, E. L. de. (2004) *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões*. 3. ed., Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro-RJ.
- Bateman, R., Bowden, R., Gogg, T.J., Harrell, C. R., Mott, J. R. A., Montevechi, J. A. B. (2013) *Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura*. Elsevier, Rio de Janeiro-RJ.
- Chwif, L.; Medina, A. C. (2015) *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações*. 4. ed., Editora Elsevier, Rio de Janeiro.
- Freitas, H. D. P., Aloise, D., Soares, W. K. S., Paquerote, W. A. (2014) Um Modelo de Simulação a Eventos Discretos para o Dimensionamento de Leitos em Hospitais de Acordo com a demanda por Especialidade Médica. In *Anais do XLVI SBPO*, p. 2806-2817, Salvador-BA. SOBRAPO.
- Freitas Filho, P. J. (2008) *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena*. 2. ed., Editora Visual Books, Florianópolis.
- Loesch, C., Hein, N. (2009) *Pesquisa operacional: fundamentos e modelos*. Editora Saraiva, São Paulo-SP.
- Hillier, F. S.; Lieberman, G. J. (2013) *Introdução à Pesquisa Operacional*. 9. ed., McGraw-Hill, São Paulo-SP.
- Miranda, R. C., Montevechi, J. A. B., Silva, A. F. (2013) Redução do Espaço de Busca em Problemas de Otimização Via Simulação. In *Anais do XLV SBPO*, p. 2932-2943, Natal-RN. SOBRAPO.



Oliveira, M. J. F., Magalhães, M. S., Souza Júnior, P. R. (2006) Análise do Processo de Admissão de Emergência do Hospital Universitário Antônio Pedro Utilizando a Teoria da Simulação a Eventos Discretos. In *Anais do XXXVIII SBPO*, p. 2412-2413, Goiânia-GO. SOBRAPO.

Oliveira, M. J. F., Oliveira, D. G., Oliveira, F. B., Chaves, W. B. (2011) Modelo Integrado de Simulação para Avaliar o Desempenho do Sistema de Admissão de Pacientes na Emergência Hospitalar. In *Anais do XLIII SBPO*, p. 2536-2547, Ubatuba-SP. SOBRAPO.

Prado, D. (2006) *Teoria das filas e da simulação*. 3. ed., INDG Tecnologia e Serviços, Nova Lima-MG.

Rocha, F., Scheidegger, A. P. G., Montevechi, J. A. B., Leal, F., Queiroz, J. A., Largo, J. J. J. (2013) Análise da Distribuição de Medicamentos em uma Unidade Hospitalar através da Simulação a Eventos Discretos. In *Anais do XLV SBPO*, p. 2779-2190, Natal-RN. SOBRAPO.

Saliby, E., Merhi, E., Miyashita, R. (2002) Modelagem Visual de Simulação a Eventos Discretos Baseado no DCA. In *Anais do XXXIV SBPO*, p. 1-12, Rio de Janeiro-RJ. SOBRAPO.

Silva, A. C. P. V., Assad, D. B. N., Oliveira, F. L. C., Spiegel, T. (2016) Uso de Simulação de Eventos Discretos para Redimensionamento de Capacidade de Centro Cirúrgico de um hospital de Emergência. In *Anais do XLVIII SBPO*, p. 2789-2800, Vitória-ES. SOBRAPO.