LIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional
João Pessoa - PB, 3 a 5 de novembro de 2021

Modelo matemático para a determinação de *kits* cirúrgicos padronizados

Letícia Lemos Burla Dias
Maristela Oliveira Santos
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC), Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-carlense, 400 - Centro, CEP 13566-590, São Carlos - SP.
leticiaburla@usp.br
mari@icmc.usp.br

Émerson Yoshiaki Okano
Mariá Cristina Vasconcelos Nascimento
Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT), Universidade Federal de São Paulo
Av. Cesare M. G. Lattes, 1201 - Eugênio de Melo, CEP 12247-014, São José dos Campos - SP.
{emerson.okano,mcv.nascimento}@unifesp.br

RESUMO

Neste trabalho estudamos maneiras de organizar os itens utilizados para a realização de diversas cirurgias em hospitais. Os itens são insumos como seringas, medicamentos, fios para sutura e etc. Esses itens são organizados em *kits* cirúrgicos que devem ser montados e finalizados pelo setor responsável antes de cada procedimento cirúrgico. Após a realização dos procedimentos, os itens não utilizados devem ser retornados ao estoque para uso futuro. A definição dos *kits* objetiva minimizar o número de itens retornados e o número de itens adicionados individualmente. Neste artigo adaptamos um modelo de otimização inteira para a determinação de *kits* padronizados ou pacotes que irão compor os *kits* de diversos procedimentos cirúrgicos. Para testar a abordagem de solução, utilizamos dados fornecidos pela Santa Casa da Cidade de São Carlos.

PALAVRAS-CHAVE. *Kits* cirúrgicos, Otimização Inteira, Planejamento hospitalar.
Tópicos: PM – Programação Matemática; SA – PO na Área de Saúde

ABSTRACT

In this paper, we study ways to organize items used to perform different surgeries in hospitals. Items are supplies such as syringes, medicines, suture threads, etc. These items are organized in surgical kits that must be assembled and finalized by the responsible department before each surgical procedure. After performing the procedures, unused items must be returned to stock for future use. The definition of kits aims to minimize the number of items returned and the number of items added individually. In this paper, we adapt an integer optimization model for the determination of standard kits or packages that will compose the kits of various surgical procedures. To test the solution approach, we used data provided by Santa Casa Hospital located in São Carlos city.

KEYWORDS. Surgical kits, Integer Programming, Hospital Planning.
Topic: PM - Mathematical programming; SA - OR in health sector.

1. Introdução

A saúde consta na Declaração Universal dos Direitos Humanos, de 1948, no artigo XXV. É direito de todos o acesso à saúde de qualidade. E para assegurar esse direito, é preciso fazer bom uso dos limitados recursos destinados a esse setor. Diante do contexto atual de pandemia do novo coronavírus (COVID-19), torna-se ainda mais evidente a importância da otimização dos recursos disponíveis para o setor de saúde. De acordo com Cardoen et al. [2015], os hospitais são as entidades que mais consomem os recursos destinados à saúde. E entre as especialidades, o setor cirúrgico é o que representa maiores gastos para a receita de um hospital.

Grade parte desses gastos é destinada à compra e manutenção dos insumos médicos. Antes da realização de todo procedimento cirúrgico, é preciso que todos os materiais e medicamentos que serão utilizados durante o processo sejam coletados, organizados e levados até a sala de cirurgia. Dependendo do tipo de procedimento cirúrgico, centenas de itens são necessários, e selecioná-los um por um é um processo meticuloso e que requer bastante tempo e atenção. O procedimento cirúrgico é um evento que ocorre em uma determinada sala de cirurgia em um único paciente. Todo procedimento cirúrgico pode ser classificado pelo seu tipo. Exemplos de tipos de procedimento cirúrgico são cesariana, angioplastia coronária e rinoplastia.

Nesse sentido, neste artigo, estudamos meios de obter uma padronização de *kits* de itens cirúrgicos visando reduzir o tempo de preparação para cada procedimento cirúrgico e o desperdício, tanto econômico quanto material. Além disso, aumentar a qualidade clínica e o controle do estoque pela farmácia do hospital são consequências desse estudo, entre outros benefícios que serão discutidos mais adiante.

Kits padronizados são caixas que contêm diversos itens cirúrgicos, desde luvas e seringas, até medicamentos. Esses estojos ou *kits* padronizados podem vir prontos do próprio fornecedor de materiais ou podem ser montados no hospital. Assim, em uma cirurgia, os insumos necessários devem ser compostos preferencialmente por pacotes de insumos (*kits* padronizados ou sub-*kits*), e por itens avulsos.

Diversos estudos. como o de Baines et al. [2001], ressaltam a eficácia econômica e qualitativa com o uso de *kits* padronizados. Mattos et al. [2007], por exemplo, comprovam a eficácia do uso de *kits* de medicamentos no Centro Cirúrgico do Instituto Central do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - USP. Já Dobson et al. [2015] apresentam as vantagens da geração de *kits* de materiais de bandeja cirúrgica, como bisturis e tesouras. Outros autores como Branquinho et al. [2009] e Kara-Jose Junior et al. [2004] descrevem em seus trabalhos o processo de geração de *kits* mais gerais, que incluem materiais e medicamentos. O primeiro foi realizado no Centro de Referência em Oftalmologia do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Goiás (CEROF) e o segundo no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Ambos ressaltam os benefícios do uso dos *kits* customizados.

Cardoen et al. [2015] revelam os benefícios dos *kits* de materiais descartáveis. Os autores desenvolveram um modelo de otimização linear inteira para configuração de *kits* cirúrgicos compostos exclusivamente de materiais descartáveis. O objetivo é minimizar o número total de pontos de contato, que é uma medida do contato físico entre a equipe hospitalar e os materiais descartáveis. Dessa forma, ao minimizar o número de pontos de contato, é possível atingir múltiplos objetivos, como aumentar a qualidade clínica, reduzir o tempo de montagem dos *kits*, e o custo dos mesmos, entre outros. Visando a obtenção de boas soluções para o problema, os autores propõem uma heurística de duas fases. Na primeira fase, são gerados diversos pacotes que podem ser úteis na resolução do problema original. E durante a segunda, é selecionada a melhor combinação desses pacotes porém, alguns novos ainda podem ser gerados por meio do modelo matemático proposto.

O processo de padronização dos *kits* cirúrgicos e seus benefícios para o Hospital Nossa Senhora das Graças (HNSG) de Curitiba é registrado na monografia de Mendes [2004]. O objetivo era gerar um *kit* padrão para cada tipo de procedimento, ou seja uma lista dos materiais obrigatórios para a realização daquele tipo de procedimento. Isso foi feito em parceria com os médicos e enfermeiros do centro cirúrgico. Baseando-se na experiência desses funcionários a respeito das rotinas do hospital, foram gerados os *kits* padronizados.

Já Oliveira [2017] tem como objetivo encontrar a lista de materiais (*Bill of Materials* - BOM) para cada tipo de procedimento cirúrgico do Centro Cirúrgico Ambulatorial (CCA) do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA). Ele usa técnicas de estatística básica e as relações hierárquicas entre os atributos dos insumos para gerar essas listas. E após padronizar os itens para cada tipo de procedimento, técnicas de agrupamento são utilizadas para gerar *kits* mais genéricos que atendam a diversos tipos de procedimento.

Uma comparação do Sistema de Gestão de Materiais informatizado com o sistema tradicional do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HU-USP) foi feita por Paschoal [2009]. A informatização do sistema gerou uma diminuição da quantidade consumida e do custo dos materiais estocados. Apesar de realizarem análises estatísticas sobre os dados para geração de *kits* para cada procedimento, não são propostas estratégias de configuração de *kits* mais gerais.

Diante de tantas provas da eficácia da introdução dos *kits* padronizados, o objetivo desse trabalho foi de encontrar uma configuração satisfatória de *kits* utilizando os dados fornecidos pelo centro cirúrgico da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos. Na Santa Casa existe uma farmácia no centro cirúrgico, onde ficam armazenados todos os insumos hospitalares utilizados nesse setor. Antes de cada procedimento cirúrgico, um profissional se dirige à farmácia e seleciona um por um, todos os itens que serão usados no procedimento. Quem define quais são esses insumos é o médico que performará o procedimento, baseado na sua experiência. Ao fim do procedimento, os materiais que não foram utilizados são retornados à farmácia, onde passam por uma avalização e são reintroduzidos no estoque.

Sabendo desse contexto, o objetivo deste estudo é configurar *kits* de materiais e medicamentos, para otimizar o tempo de preparo para operações no centro cirúrgico, reduzir o desperdício e o trabalho do retorno de materiais, além de garantir que todo o material necessário será disponibilizado. Assim, propomos uma adaptação do modelo apresentado por Cardoen et al. [2015] para determinar *kits* padronizados ou pacotes que vão compor os *kits* de insumos que serão utilizados para diversos procedimentos cirúrgicos. Nesta abordagem, um *kit* de insumos poderá ser composto por itens avulsos e *kits* padronizados que podem ser utilizados em outros procedimentos. Ou seja, ao usar *kits* padronizados, soluções com itens que não são usados podem ser levados para o centro cirúrgico.

Este trabalho apresenta, na Seção 2, o modelo matemático adaptado de Cardoen et al. [2015], na Seção 3, os testes computacionais e por último, na Seção 4 as conclusões e as perspectivas de pesquisas futuras.

2. Modelo Matemático

O modelo proposto por Cardoen et al. [2015] foi adaptado e será apresentado a seguir. Considere um conjunto J de procedimentos cirúrgicos indexados por j, um conjunto I de itens médicos indexados por i e um conjunto P de pacotes ou *kits* customizados indexados por p. Deseja-se configurar $|P|$ *kits* contendo diferentes itens $i \in I$ que minimizem o somatório dos número de *kits* configurados, do número de itens adicionados individualmente e do número de itens em excesso. Assim, é possível minimizar tanto o tempo de preparo quanto o tempo de retorno de materiais,

Variável	Descrição
$x_{ip} \in \mathbb{N}$	Número de itens *i* no *kit p*.
$y_{pj} \in \{0,1\}$	1, se o *kit p* é usado para o procedimento *j*. 0, caso contrário.
$w_p \in \{0,1\}$	1, se *kit p* é usado em ao menos um procedimento. 0, caso contrário.
$z_{ij} \in \mathbb{N}$	Número de itens *i* acrescentados individualmente para o procedimento *j*.
$red_{ij} \in \mathbb{N}$	Número de itens *i* em excesso para o procedimento *j*.
$v_{ipj} \in \mathbb{N}$	Número de itens i no pacote p usados no procedimento j.

Tabela 1: Variáveis do modelo linear inteiro Cardoen et al. [2015].

reduzindo o desperdício. Considere o parâmetro N_{ij} como o número de itens *i* necessários no procedimento *j*, e os pesos α_p, β_i, γ_i, definidos na Seção 3.2, e as variáveis na Tabela 1.

$$\min \quad \sum_p \sum_j \alpha_p \cdot y_{pj} + \sum_i \sum_j \beta_i \cdot z_{ij} + \sum_i \sum_j \gamma_i \cdot red_{ij} \tag{1}$$

$$\sum_p w_p \leq |P| \tag{2}$$

$$w_p \geq y_{pj} \quad \forall p \in P, \quad \forall j \in J \tag{3}$$

$$\sum_p v_{ipj} + z_{ij} - red_{ij} = N_{ij} \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \tag{4}$$

$$v_{ipj} \leq x_{ip} \quad \forall i \in I, \quad \forall p \in P, \quad \forall j \in J \tag{5}$$

$$v_{ipj} \leq M \cdot y_{pj} \quad \forall i \in I, \quad \forall p \in P, \quad \forall j \in J \tag{6}$$

$$v_{ipj} \geq x_{ip} - M + y_{pj} \cdot M \quad \forall i \in I, \quad \forall p \in P, \quad \forall j \in J \tag{7}$$

$$w_p \in \{0,1\} \quad \forall p \in P, y_{pj} \in \{0,1\}, \quad x_{ip} \in \mathbb{N} \quad \forall p \in P, \quad \forall j \in J \tag{8}$$

$$v_{ipj} \in \mathbb{N} \quad \forall i \in I, \quad \forall p \in P, \quad \forall j \in J, \qquad z_{ij}, red_{ij} \in \mathbb{N} \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \tag{9}$$

A função objetivo (1) minimiza o número pontos de contato, que podem ser originados do uso de *kits* (primeiro termo da expressão), pela introdução de itens avulsos (segundo termo da expressão) ou pelo retorno de itens não utilizados à farmácia (terceiro termo da expressão). A

restrição (2) garante que o número de *kits* não pode ser maior do que o número de procedimentos cirúrgicos. As restrições (3) asseguram que se um *kit p* é usado no procedimento *j*, então o *kit p* já está configurado. Ou seja, se $y_{pj} = 1$, então $w_p = 1$.

As restrições (4) garantem que o material necessário para cada procedimento *j* será disponibilizado. Os itens podem vir de um *kit* (primeiro termo da expressão) ou podem ser adicionados individualmente (segundo termo da expressão). O terceiro termo da equação é subtraído para garantir a igualdade. As restrições (5) garantem que o número de itens *i* do *kit p* utilizados no procedimento *j* não pode ser maior do que o número de itens i no *kit p*. Seja M o maior número de itens *i* necessários para realizar o procedimento *j*, dentre $i \in I$ e $j \in J$. As restrições (6) asseguram que o número de itens *i* do *kit p* utilizados no procedimento *j*, não pode ser maior do que M, se o *kit p* estiver sendo usado, ou seja, se $y_{pj} = 1$. E será igual a zero, caso contrário, isto é, se $y_{pj} = 0$, então, $v_{ipj} = 0$. As restrições (7) garantem que o número de itens *i* do *kit p* utilizados no procedimento *j*, deve ser pelo menos o número de itens *i* no *kit p*. As restrições (8) - (9) são de domínio das variáveis.

3. Testes computacionais

Esta seção apresenta os experimentos realizados empregado um pacote de otimização e o modelo descrito na seção anterior. Primeiramente, discutiremos a respeito dos dados empregados nessa experimentação.

3.1. Dados utilizados

A base de dados fornecida pela Santa Casa de Misericórdia de São Carlos apresenta todas as movimentações de itens médicos da farmácia do centro cirúrgico do hospital, durante o período de um ano e meio. Consideramos apenas os dados referentes ao ano de 2018, para retirar o efeito de sazonalidade dos dados. Nesse período, foram realizadas mais de 13 mil cirurgias no hospital, classificadas em mais de 800 tipos de procedimentos diferentes e 38 especialidades. A partir dessa base, juntamente com a validação dos profissionais do hospital, foi possível definir os itens necessários para a realização de cada tipo de procedimento cirúrgico e suas respectivas quantidades.

Observamos que poucos tipos de procedimentos representam grande parte do volume total das cirurgias realizadas. Se considerarmos apenas os 10 tipos de procedimentos mais realizados, eles representam 40% do volume anual de cirurgias. Assim, a introdução de *kits* padronizados para um pequeno número de procedimentos cirúrgicos já é capaz de impactar grande parte das cirurgias. O ponto vermelho da Figura 1 revela que os 20 tipos de procedimentos mais frequentes na base representam 50% do volume anual de cirurgias do hospital. As 10 especialidades médicas mais frequentes da base são apresentadas no gráfico da Figura 2. A especialidade mais frequente é a 'GINECOLOGIA E OBSTETRÍCIA", desta forma, os procedimentos desta especialidade serão considerados no presente trabalho.

O modelo foi resolvido para três cenários. No primeiro cenário, consideramos 3 tipos de procedimentos similares; no segundo, o conjunto dos 10 tipos de procedimento mais frequentes; e, por fim, no terceiro cenário, o conjunto dos 20 tipos de procedimento mais frequentes, conforme ilustrado na Figura 1.

O primeiro cenário é composto pelos seguintes procedimentos: 'CATETERISMO CARDÍACO', 'CATETERISMO CARDÍACO E E OU D COM CINEANGIOCORONARIOGRAFIA E VENTRICULOGRAFIA' e 'ANGIOPLASTIA CORONARIANA COM IMPLANTE DE PRÓTESE INTRALUMINAL'. Esses tipos de procedimentos foram escolhidos por estarem entre os mais frequentemente realizados no hospital, e serem da mesma especialidade (CARDIOLOGIA), além de

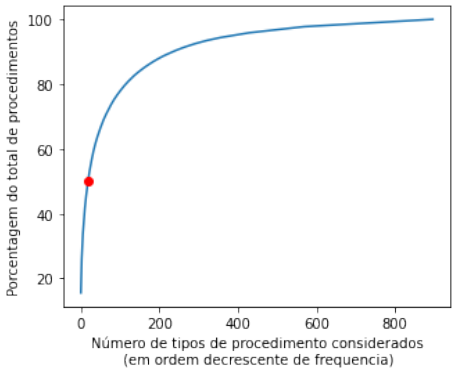


Figura 1: Gráfico acumulativo do percentual de cirurgias realizados por tipo de procedimento. O ponto vermelho revela que apenas os 20 tipos de procedimentos mais frequentes representam 50% do volume anual de procedimentos realizados.

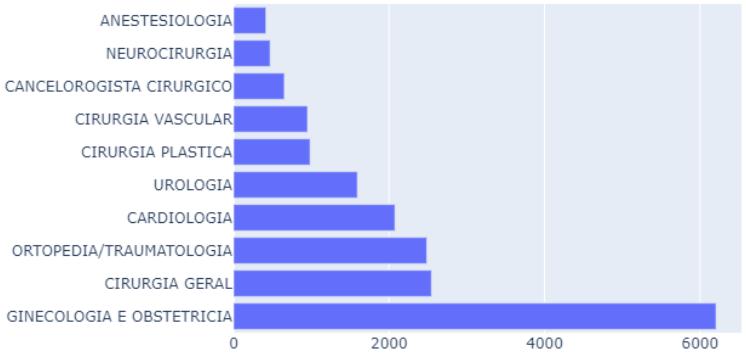


Figura 2: Número de ocorrências das 10 especialidades cirúrgicas mais frequentes na base de dados da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos.

utilizarem diversos itens em comum. Esse cenário foi criado para facilitar a análise do resultados em um momento inicial.

Os tipos de procedimento que compõem o segundo e o terceiro cenários estão presentes na Tabela 2. Ela lista, em ordem decrescente, os 20 tipos de procedimento mais realizados na Santa Casa de Misericórdia de São Carlos. Assim, como o segundo cenário é composto pelos 10 tipos de procedimento mais frequentes, os 10 primeiros itens da tabela são os procedimentos referentes a esse cenário. Já o cenário 3 é formado por todos os tipos de procedimento da Tabela 2.

Para cada cenário, foram testados diversos valores para o parâmetro $|P|$, que indica o número máximo de *kits* gerados (veja restrição 2). Assim, é possível compreender o impacto da introdução de um novo *kit* padronizado, observando a variação no valor da função objetivo conforme o parâmetro $|P|$ é incrementado. Observa-se que quando $|P|$ é igual a 0, todos os itens, para cada procedimento, seguem avulsos para a cirurgia, pois nenhum *kit* é configurado.

Assim, o número de instâncias testadas varia para cada cenário. Seja K o número de valores testados para o parâmetro $|P|$. O valor de K é definido pelo número de itens distintos descritos no modelo. Por exemplo, no cenário de 3 tipos de procedimentos, são utilizados 30 itens distintos, então $K = 30$, porém, cada item pode ser utilizado em diferentes quantidades em cada um dos procedimentos.

Tabela 2: Lista dos procedimentos dos cenários 1 e 2

j	Procedimentos Cirúrgicos
1	CESARIANA - FETO ÚNICO
2	PARTO NORMAL
3	CATETERISMO CARDÍACO
4	VIDEO COLECISTECTOMIA
5	CATETERISMO CARDÍACO E E OU D COM CINEANGIOCORONARIOGRAFIA E VENTRICULOGRAFIA
6	CURETAGEM
7	FRATURA FÊMUR - TRAT CIRÚRGICO
8	ANGIOPLASTIA CORONARIANA COM IMPLANTE DE PRÓTESE INTRALUMINAL
9	BLOQUEIO NEUROLÍTICO PERIDURAL OU SUBAR
10	CESARIANA - FETO MÚLTIPLO
11	LAPAROTOMIA EXPLORADORA
12	ANGIOPLASTIA TRANSLUMINAL PERCUTÂNEA DE MÚLTIPLOS VASOS S COM IMPLANTE DE STENT
13	COLOCAÇÃO URETROSCÓPICA DE DUPLO J
14	DESBRIDAMENTO
15	APENDICECTOMIA
16	URETERORENOLITOTRIPSIA FLEXÍVEL UNILATERAL
17	HISTERECTOMIA ABDOMINAL
18	PÁLPEBRAS
19	ABSCESSO - INCISÃO E DRENAGEM
20	FRATURA/LUXAÇÃO TORNOZELO - TRAT CIRÚRGICO

3.2. Ambiente de teste

Todos os testes apresentados nesse trabalho foram realizados utilizando um computador com o processador Pentium(R) Dual-Core E58000 com velocidade 3.20GHz, memória de 2,96GB de RAM e 232GB de HD sob o sistema operacional Windows 7. O modelo foi implementado na linguagem Python 3. O pacote de otimização utilizado foi o Gurobi 9.0.2, por meio de licença acadêmica. Cada instância foi resolvida com um tempo limite de 300 segundos, o mesmo tempo limite utilizado pelos autores Cardoen et al. [2015]. Nos testes computacionais, consideramos os pesos $\alpha_p = 1$, $\beta_i = 1$, $\gamma_i = 1$, $\forall i, p$, ou seja, não há incentivo para fazer pacotes ou itens avulsos.

3.3. Análise das soluções

A Figura 3 mostra os resultados obtidos pela resolução do modelo para o cenário 1. O eixo x representa o número de pacotes gerados e o eixo y representa o valor da função objetivo da melhor solução encontrada. A solução ótima foi obtida em todas as instâncias testadas. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para $|P| = 0$, ou seja, nenhum pacote padronizado, neste caso, deve-se levar, considerando as unidades, 741 itens avulsos. No caso de $|P| = 1$, levam-se 71 itens (com suas repetições de quantidades) avulsos. Quando temos $|P| = 3$, a solução ótima corresponde a três pacotes, um para cada tipo de procedimento e não é necessário adicionar nenhum item individualmente. Entre as informações apresentadas na tabela, encontra-se o Gap, que é definido como $Gap = \frac{|z_P - z_D|}{|z_P|}$, em que z_P é o limite do primal (que nesse caso é o limite superior pois o problema é de minimização) e z_D é o limite do dual (que nesse caso é o limite inferior pois o problema é de minimização).

Para facilitar a compreensão, considere o conjunto de itens essenciais para a realização do tipo de procedimento j como *kit*-Base do procedimento j. Por meio de diagramas de Venn é

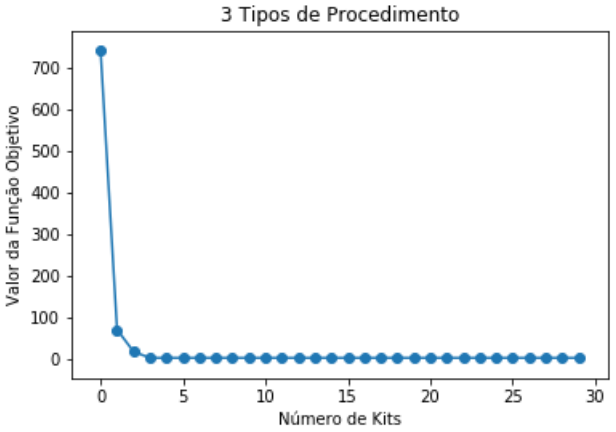


Figura 3: Decaimento do valor da função objetivo em função da inclusão de *kits* para o cenário 1 (os 3 tipos de procedimentos cardíacos).

Tabela 3: Resultados cenário 1. As colunas indicam respectivamente: *Gap*, tempo em segundos e valor da função objetivo.

$\|P\|$	***Gap***	**Tempo (s)**	**FO**
0	0	0,20	741
1	0	0,35	71
2	0	1,41	18
3	0	0,31	3

possível visualizar a intersecção entre os itens dos *kits*-Base e itens presentes nos *kits* gerados pelo modelo matemático. A Figura 4 apresenta 3 diagramas que ilustram o caso $|P| = 1$ do cenário 1, quando foi gerado um pacote para o conjunto de 3 procedimentos cardíacos. Em cada diagrama, o círculo da direita representa os itens no *kit* gerado pelo modelo matemático e o círculo da esquerda, o *kit*-base do tipo de procedimento indicado. Em laranja, está a intersecção entre os dois círculos. Note que o *kit*-base de cada cada procedimento está completamente contido no *kit* gerado pelo modelo. Como apenas um *kit* foi gerado nessa instância, ele foi configurado de maneira bem geral para atender completamente à necessidade de cada tipo de procedimento.

A Figura 5 revela os resultados obtidos pela resolução do modelo para o cenário 2. Os pontos em azul indicam que a solução ótima foi encontrada. Já os pontos em roxo indicam que a solução ótima não foi encontrada dentro do tempo disponível. Das 31 instâncias testadas para esse cenário, ou seja, para os 31 valores de $|P|$ ($|P| = \{0, 1, ..., 30\}$) apenas em $|P| = 27$ a solução ótima não foi encontrada dentro do tempo limite e, ainda assim, a solução encontrada foi bem próxima da ótima. A Tabela 4 indica os resultados obtidos para cada valor de $|P|$.

Por fim, na Figura 6 é possível observar os resultados da resolução do modelo para o cenário 3. Nota-se que diferente dos cenários anteriores, a solução ótima não foi encontrada na maioria das instâncias, devido ao número de parâmetros e variáveis que é bem maior para esse cenário.

Em todos os cenários, conforme os *kits* vão sendo introduzidos, o valor da função objetivo tende a cair. Essa queda, no entanto, ocorre apenas até que $|P|$ atinja o número de tipos de procedimento considerados no conjunto (J). Para $|P| \geq J$, o valor da função objetivo se estabiliza. Isso

Tabela 4: Resultados cenário 2. As colunas indicam respectivamente: *Gap*, tempo em segundos e valor da função objetivo.

$\|P\|$	***Gap***	**Tempo(s)**	**FO**
0	0	0,04	1318
1	0	1,22	648
2	0	6,49	460
3	0	32,73	353
4	0	78,48	255
5	0	68,95	166
6	0	135,25	113
7	0	116,03	79
8	0	257,37	51
9	0	106,98	25
10	0	49,66	10

Tabela 5: Resultados cenário 3. As colunas indicam respectivamente: *Gap*, tempo em segundos e valor da função objetivo.

$\|P\|$	***Gap***	**Tempo(s)**	**FO**
0	0	0,12	2401
1	0	3,89	1515
2	0	255,32	1157
3	0,47	300	991
4	0,71	300	845
5	0,97	300	797
6	0,96	300	631
7	0,96	300	629
8	0,96	300	517
9	0,96	300,15	577
10	0,95	313,53	410
11	0,95	316,56	418
12	0,95	300	441
13	0,94	300	341
14	0,89	300	185
15	0,91	300	225
16	0,93	300	315
17	0,91	300	245
18	0,94	300	342
19	0,96	300	655
20	0,88	300	174

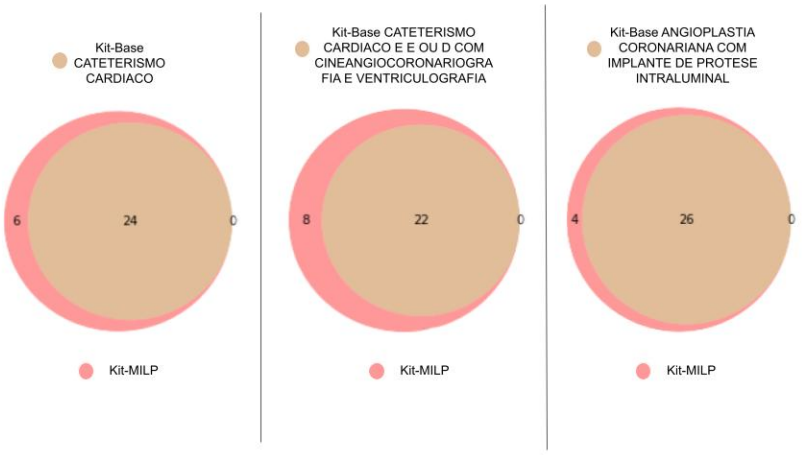


Figura 4: Diagramas de Venn que revelam a intersecção entre itens do *kit*-Base e *kit* gerado pelo modelo para cada tipo de procedimento do cenário 1. o círculo da direita representa os itens no *kit* gerado pelo modelo matemático e o círculo da esquerda, o *kit*-base do tipo de procedimento indicado. Em laranja, está a intersecção entre os dois círculos. Em rosa, os itens do *kit* gerado pelo modelo que não foram utilizados no procedimento (ou seja, itens em excesso). O número de itens distintos em cada conjunto é indicado pelo número contido na área de representação.

ocorre, pois quando $|P| \geq J$ é possível configurar um *kit* específico para cada tipo de procedimento. Assim, não é necessário adicionar itens individualmente, nem mesmo há desperdício. Dessa forma, como consideramos os pesos $\alpha_p = \beta_i = \gamma_i = 1$, o valor da função objetivo se reduz à soma do número de *kits* configurados.

4. Conclusões e perspectivas futuras

Este artigo apresentou um estudo que visa a definição de *kits* cirúrgicos padronizados, adequados para os diferentes procedimentos cirúrgicos realizados no Hospital Santa Casa de São Carlos-SP. Para isso, estudamos um modelo de otimização que minimize o número de itens em excesso e que devam ser adicionados individualmente, considerando base de dados fornecida por este hospital.

A solução obtida ainda pode ser melhorada. Ela seria ideal se, assim como em Cardoen et al. [2015], o fornecedor de materiais da Santa Casa pudesse fornecer os *kits* já montados. No entanto, essa não é a realidade. Sendo assim, para que os *kits* pudessem ser utilizados, seria necessário montá-los na farmácia do centro cirúrgico, toda vez que novo material chega, para que os *kits* estejam prontos e disponíveis quando um procedimento cirúrgico tiver que ser realizado. O modelo não leva em conta esse esforço prévio de montagem e, por isso, incentiva a configuração de poucos *kits* com muitos itens, enquanto o desejado é que fossem configurados muitos *kits* com poucos itens. Assim, seria possível até mesmo estabelecer os *kits* mais genéricos, por meio do agrupamento de um conjunto de *kits* menores e mais específicos.

Outro aspecto que precisa ser considerado é o da classe de cada item. Nessa versão de solução, todos os itens foram tratados igualmente e dispostos em *kits* sem critério rigoroso. Enquanto, na prática, existem diferentes classes de materiais que não necessariamente podem ser colocados no mesmo *kit*. Por exemplo, alguns medicamentos devem ser mantidos em temperatura baixa, e não poderiam ser colocados no mesmo *kit* que medicamentos comuns. No entanto, essa

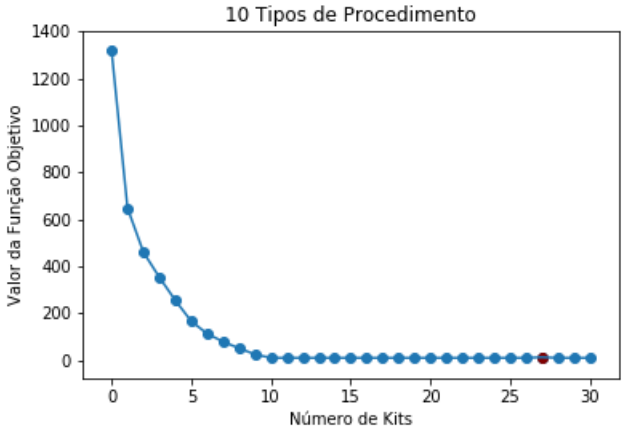


Figura 5: Decaimento do valor da função objetivo em função da inclusão de *kits* para o cenário 2 (os 10 tipos de procedimentos mais frequentes na base).

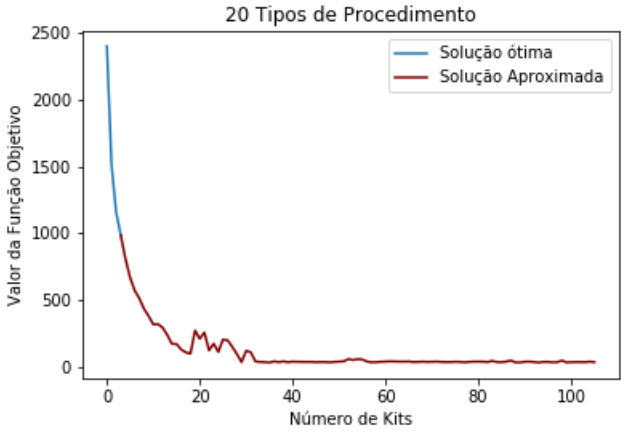


Figura 6: Decaimento do valor da função objetivo em função da inclusão de *kits* para o cenário 3 (os 20 tipos de procedimentos mais frequentes na base).

informação a respeito dos itens não está disponível na base de dados fornecida. Sendo assim, seria necessário coletar essa informação com os profissionais do hospital.

Uma forma de atingir o objetivo esperado é ajustando os pesos α_p , β_i e γ_i da função objetivo, para incentivar a configuração de um maior número de pacotes.

Como perspectivas futuras, encontra-se em planejamento a obtenção de mais informações sobre as características dos itens para inclusão de restrições no sentido de criar *kits* categorizados. Além disso, um estudo para o ajuste dos pesos na função objetivo está previsto.

5. Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) no processo nº 2019/13899-8 e pelo convênio 1008867, Processo 18.1.00779.55.4 da parceria com a Santa Casa de Misericórdia de São Carlos (SP) com USP e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Referências

Baines, R., Colquhoun, D. G., Jones, N., e Bateman, R. (2001). The benefits of using customised procedure packs. *British Journal of Perioperative Nursing (United Kingdom)*, 11(1):34–39. URL https://doi.org/10.1177/175045890101100105.

Branquinho, N. C. S. d. S., Lourenco, P. H. A., Bezerra, A. L. Q., e Neves, M. J. A. d. O. (2009). Elaboração do projeto kit cirúrgico pré-montado como estratégia de melhoria do programa cirúrgico: Relato de experiência. *61 Congresso Brasileiro de Enfermagem*.

Cardoen, B., Belloen, J., e Vanhoucke, M. (2015). On the design of custom packs: grouping of medical disposable items for surgeries. *International Journal of Production Research*, 53:7343–7359.

Dobson, G., Seidmann, A., Tilson, V., e Froix, A. (2015). Configuring surgical instrument trays to reduce costs. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 5(4):225–237. URL https://doi.org/10.1080/19488300.2015.1094759.

Kara-Jose Junior, N., Cursino, M., e Whitaker, E. (2004). Cirurgia de catarata: otimização de centro cirúrgico com utilização de pacote cirúrgico pré-montado. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 67:305 – 309. ISSN 0004-2749.

Mattos, E. M. S., Faintuch, J., e Cecconello, I. (2007). Impacto farmoeconomico da implantação do metodo de dispensação de drogras em forma de kit em procedimentos cirúrgicos e anestésicos. *ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva São Paulo*, 20:102 – 105. ISSN 0102-6720.

Mendes, E. A. (2004). *OS benefícios da padronização de kits em unidade de centro cirúrgico.* PhD thesis, Universidade de Tuiuti do Paraná.

Oliveira, C. (2017). *Gestão de estoques a partir da lista de materiais (bill of materials):o caso de um hospital universitário*. PhD thesis, Trabalho de conclusão de graduação da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Paschoal, M. L. H. (2009). *Estudo do Consumo de materiais de um centro cirúrgico apos a implementação de um sistema de gestão automatizado*. PhD thesis, Escola de Enfermagem, Universidade de Sao Paulo.