Programação Linear Inteira Aplicada ao Planejamento de Salas Cirúrgicas em Hospital Público

João P. F. Silva, Lucas R. Bortoletto, Rafael C. S. Schouery, Edilson F. Arruda

13 de Março de 2025

HC Unicamp

- Hospital de que atende a população de Campinas e região
- Atendimento de alta complexidade
- Mais de 30 especialidades cirúrgicas eletivas, incluindo de transplantes

Figure 1: HC Unicamp

Introdução

Gerenciamento do Centro Cirúrgico

- Otimização do uso dos recursos
- Redução de custos
- Aumento da eficiência
- Melhoria na qualidade do atendimento

Planejamento de Salas Cirúrgicas

A otimização do uso das salas cirúrgicas afeta diretamente:

- Redução do tempo de espera
- Redução do tempo de ociosidade
- Aumento da eficiência
- “Produção cirúrgica”

PERÍODO/ SALA		1	2
SEGUNDA	MANHÃ	CCARD	ORT TU
	TARDE	CCARD	ORT TU
TERÇA	MANHÃ	CCARD	ORT Infantil
	TARDE	CCARD	

Figure 2: Escala Cirúrgica

Restrições Envolvidas

Consideramos restrições relacionadas a:

- Disponibilidade de salas
- Disponibilidade de equipes médicas
- Demanda mínima de cada especialidade
- Disponibilidade de anestesistas
- Restrições de transplante

Na literatura, outras restrições são consideradas, como:

- Disponibilidade de equipamentos
- Tempo de recuperação
- Tempo de limpeza
- Tempo de preparação
- Tempo de deslocamento

Modelo de Planejamento de Salas Cirúrgicas

Cada especialidade precisa ser alocada a pelo menos ζ blocos (demanda mínima)

$$\sum_{t \in \mathcal{T}} \sum_{b \in \mathcal{B}} x_{tbs} \geq \zeta s \qquad \forall\, s \in \mathcal{S} \tag{1}$$

Para cada especialidade $s \in \mathcal{S}$, a quantidade de blocos alocados no período de planejamento pode ser, no máximo, k vezes maior do que a demanda β_s, com $k \in [0, 1]$

$$\sum_{t \in \mathcal{T}} \sum_{b \in \mathcal{B}} x_{tbs} \leq (1 + k) \cdot \beta_s \qquad \forall\, s \in \mathcal{S} \tag{2}$$

Modelo de Planejamento de Salas Cirúrgicas

Cada bloco de cada sala deve ser alocado a, no máximo, uma especialidade

$$\sum_{s \in \mathcal{S}} x_{tbs} \leq 1 \qquad \forall\, t \in \mathcal{T},\ b \in \mathcal{B} \tag{3}$$

Para cada bloco de horário, o número de alocações de especialidades que precisam de anestesista ($\gamma_s = 1$) deve ser igual ou inferior à quantidade de anestesistas disponíveis, já que é exigido um anestesista por alocação de especialidade

$$\sum_{t \in \mathcal{T}} \sum_{s \in \mathcal{S}} \gamma_s \cdot x_{tbs} \leq \Gamma_b \qquad \forall\, b \in \mathcal{B} \tag{4}$$

Modelo de Planejamento de Salas Cirúrgicas

Para cada sala, cada bloco de horário, cada especialidade só pode ser alocada em, no máximo, Φ salas, de acordo com a disponibilidade de times de cirurgia

$$\sum_{t \in \mathcal{T}} x_{tbs} \leq \Phi_{bs} \qquad \forall\, b \in \mathcal{B},\, s \in \mathcal{S} \tag{5}$$

Além da restrição da quantidade de times por bloco de horário, temos alguns casos de ter equipe disponível naquele bloco de horário, mas não em todas as salas. Isso acontece porque algumas especialidades tem a liberação para usar algumas salas somente em alguns dias da semana. Então temos a seguinte restrição (fixação de variáveis)

$$x_{tbs} = 0 \qquad \forall\, t \in \mathcal{T},\, b \in \mathcal{B},\, s \in \mathcal{S} : \alpha_{tbs} = 0 \tag{6}$$

Restrição para acoplar as variáveis de alocação x_{tbs} e as variáveis de blocos sequenciais do mesmo dia y_{tds}, garantindo que, quando $y_{tds} = 0$, no máximo uma das variáveis de alocação do lado esquerdo será 1

$$x_{tbs}+x_{t(b+1)s}-1 \leq y_{tds} \qquad \forall\, t \in \mathcal{T},\, b \in \mathcal{B},\, s \in \mathcal{S},\, d \in \mathcal{D}: \text{ } b \text{ e } b+1 \text{ são blocos } \tag{7}$$

Restrição para acoplar as variáveis de alocação x_{tbs} e as variáveis de blocos sequenciais do mesmo dia y_{tds}, garantindo que quando $y_{tds} = 1$, as duas variáveis de alocação serão 1

$$x_{tbs}+x_{t(b+1)s} \geq 2 \cdot y_{tds} \qquad \forall\, t \in \mathcal{T},\, b \in \mathcal{B},\, s \in \mathcal{S},\, d \in \mathcal{D}: \text{ } b \text{ e } b+1 \text{ são blocos d} \tag{8}$$

Restrição de especialidades que precisam de dois blocos (o dia todo) em alguns dias da semana

$$x_{tbs} = x_{t(b+1)s} \qquad \forall\, t \in \mathcal{T},\, b \in \mathcal{B}',\, s \in \mathcal{S}_{do},\, d \in \mathcal{D}:\ b \text{ e } b+1 \text{ são blocos do me} \tag{9}$$

Restrição que garante que as especialidades de transplante ($\mathcal{S}_{tx}$) tenham uma quantidade par de salas

$$\sum_{t \in \mathcal{T}} x_{tbs} = 2 \cdot w_{bs} \qquad \forall\, b \in \mathcal{B},\, s \in \mathcal{S}_{tx} \tag{10}$$

Modelo de Planejamento de Salas Cirúrgicas

Restrição que garante que as especialidades circunstanciais – porém prioritárias – tenham blocos alocados em determinado intervalo de blocos $\mathcal{B}_c$, por conta de agendamento (i.e., TMO que precisa de um bloco quando tem agendamento prévio)

$$\sum_{t \in \mathcal{T}} \sum_{b \in \mathcal{B}_c} x_{tbs} = \beta_s \qquad \forall\, s \in \mathcal{S}_{ci} \tag{11}$$

Restrição com que todas as proporções de alocação sejam maiores do que uma variável L. Junto da segunda função objetivo, estaremos maximizando a menor proporção de alocação

$$\sum_{t \in \mathcal{T}} \sum_{b \in \mathcal{B}} \frac{x_{tbs}}{\beta_s} \geq L \qquad \forall\, s \in \mathcal{S} \tag{12}$$

Resultados

Resultados

Resultados

Resultados

Conclusões