LIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional
Juiz de Fora, MG - 8 a 11 de novembro de 2022

OTIMIZAÇÃO DE OCUPAÇÃO DE MESAS EM RESTAURANTES, BARES E CAFÉS

Ricardo Simoni de Freitas
Universidade Federal de São Paulo
Avenida Cesare Mansueto Giulio Lattes, 1201 - Jardim Santa Ines I, São José dos Campos - SP, 12247-014, Brasil
ricardosimoni@gmail.com

Roberval Gonçalves Moreira Filho
Universidade Federal de São Paulo
Avenida Cesare Mansueto Giulio Lattes, 1201 - Jardim Santa Ines I, São José dos Campos - SP, 12247-014, Brasil
roberval.filho@unifesp.br

Edson Luiz França Senne
Universidade Federal de São Paulo
Avenida Cesare Mansueto Giulio Lattes, 1201 - Jardim Santa Ines I, São José dos Campos - SP, 12247-014, Brasil
edson.senne@unesp.br

RESUMO

Este artigo aborda um problema de otimização que consiste em maximizar a quantidade de mesas e lugares disponíveis para restaurantes, bares e cafés. O problema consiste em alocar o máximo possível de mesas em um restaurante que possui perdas devido a atrasos e filas muito extensas. A solução proposta para o problema baseia-se na exploração do conceito de empacotamento bidimensional. Para a solução do problema apresenta-se uma formulação matemática e uma heurística baseada no método de Lodi et al (2004). As abordagens de solução propostas foram testadas para um caso real extraído do trabalho de Fonseca (2015) e os comparativos são apresentados na seção final deste trabalho.

PALAVRAS CHAVE. Otimização Combinatória, Empacotamento Bidimensional, heurística, AMPL.

ABSTRACT

This paper addresses an optimization problem that consists of maximizing the quantity of tables and available seats for restaurants, bars and cafes. The problem is related to allocate as many tables as possible in a restaurant that has losses due to delays and extensive queues. The proposed solution is based on exploring the concept of bidimensional packing. As goal for this paper, a mathematical formulation and a heuristic based on the method of Lodi et al (2004) are presented. The proposed solution approaches were tested for a real case extracted from the article of Fonseca (2015) and the comparisons are presented in the final section of this article.

KEYWORDS. Combinatorial Analysis, Bidimensional Packing, Heuristic, AMPL.

1. Introdução

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA, 2021), a indústria brasileira de alimentos e bebidas é a maior do País: representa 10,6% do PIB brasileiro e gera 1,68 milhão de empregos formais e diretos. Entre 2009 e 2019, as vendas da indústria alimentícia para o setor de alimentação fora do lar, Food Service (FS), que compreende restaurantes, bares, lanchonetes, padarias, entre outros, cresceram 184,2%. Para efeito comparativo, no mesmo período as vendas para o varejo cresceram 134,4%. Devido à pandemia de COVID 19, as vendas, que correspondiam a 33% de participação do total das vendas da indústria de alimentos, caíram para 24,4% em 2021. Para 2022, a associação estima um crescimento entre 10% e 20% com relação a 2020.

Dada a importância dessa atividade na economia brasileira, estudos relacionados à redução de custos e otimização de atendimentos em estabelecimentos são cada vez mais necessários para conseguir estabelecer um nível de serviço adequado que acompanhe esse forte crescimento. Muitos estabelecimentos comerciais do setor de alimentação possuem grandes perdas não contabilizadas devido ao incorreto planejamento e gestão durante o atendimento de clientes. Os problemas mais frequentes são:

• Locais com grandes filas de espera, perdendo potenciais clientes;

• Alta densidade de tráfego em corredores devido ao mau posicionamento e falta de planejamento adequado de mesas, ocasionando em elevado tempo de espera;

• Layout fixo ocasionando demora para atendimento de casos especiais (lugares acima de 4 pessoas e pessoas com deficiências especiais) com lugares ociosos;

• Complicações de espaço devido a novas restrições de saúde (COVID 19);

• Má alocação na quantidade de garçons e na estratégia de atendimento;

• Ausência de um modelo de tomada de decisões no direcionamento de quais mesas devem ser ocupadas primeiramente e qual a melhor forma de atendimento.

• Ausência de indicadores em tempo real que possibilitem criar alternativas de modificações de estratégias rápidas para otimização do atendimento.

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo geral:

• Propor um modelo de otimização de atendimento baseado no aumento da disponibilidade da oferta do serviço.

O trabalho tem como objetivos específicos:

• Planejar e realizar modificações rápidas de layout e de atendimento dos garçons, de acordo com a disponibilidade de mesas;

• Minimizar o tempo de espera dos clientes durante sua experiência no estabelecimento.

Desta forma, a partir de um dado layout (de área constante), considerando que toda demanda de clientes deve ser atendida, pretende-se definir o melhor layout de mesas, cadeiras e corredores, de modo a melhorar o posicionamento da quantidade de mesas com mais lugares para otimizar a quantidade de pessoas atendidas.

Este trabalho busca aliar a necessidade de um setor em constante expansão à prática amplamente utilizada em bancos, fábricas e operadores logísticos. O intuito é demonstrar que ganhos potenciais podem ser obtidos, mesmo em pequenos negócios do ramo de alimentação, com a aplicação de métodos de Pesquisa Operacional.

Desta forma, este trabalho pretende contribuir para uma área em que existem poucos estudos que possuem este enfoque como objetivo.

2. Revisão Bibliográfica

Esta seção apresenta uma revisão bibliográfica, realizada em bases e repositórios acadêmicos, assim como sobre pesquisas dedicadas a software e algoritmos comerciais relacionados à otimização do setor de Food Service e uma revisão bibliográfica sobre empacotamento bidimensional.

2.1. Trabalhos Relacionados á Otimização do Setor de *Food Service*

Fernandes e Longhini (2021) utilizam a simulação computacional para análise do atendimento de um restaurante industrial *self service*. Neste trabalho utiliza-se a análise do *layout* por meio de simulação no *software* ARENA com o objetivo de favorecer o atendimento e reduzir as filas de espera.

Fernandes *et al*. (2015) analisam o arranjo físico para otimização do processo produtivo, tendo como estudo de caso, um restaurante universitário. Neste trabalho é feita uma abordagem qualitativa, na qual foram encontrados problemas de vazão e fluxo de pessoas no salão do restaurante e de fluxo interno inadequado na área da cozinha. Desta forma o trabalho propõe uma readequação do espaço e dos seus processos para melhorar o fluxo de pessoas, assim como investimento em equipamentos e aumento de *layout*.

Trindade (2018) propõe melhoria do *layout* dos refeitórios do campus I da UFPB, visando a otimização dos espaços e o aperfeiçoamento dos serviços aos usuários. Neste trabalho utiliza-se a análise de layout com a comparação de dois métodos: *Guerchet* e *Sketchup*, de modo a avaliar qual método é mais eficiente para maximizar o número de assentos disponíveis neste restaurante.

Azorli e Meira (2021) utilizam de modelagem para o problema de entrega de refeições na cidade de Rio Claro-SP. Neste trabalho utiliza-se simulação no *software* ARENA para avaliar a menor distância para entrega de refeições, com base em um local de origem definido pelo restaurante e considerando entregas em diferentes locais da cidade de Rio Claro.

Batista (2019) apresenta o *Smartbuffet*, uma plataforma para monitoramento em tempo real de alimentos em restaurantes *self-service* usando Internet das Coisas. Neste trabalho utiliza-se programação *web* associada à minimização de desperdícios de alimento por meio da avaliação, em tempo real, da temperatura nas cubas de um restaurante. O software comercial STYME (https://stymeapp.com/2021/04/15/gerenciamento-de-fila-no-restaurante-a-importancia-da-experiencia-do-cliente/) faz o gerenciamento da fila de espera em tempo real de um estabelecimento e comunica o cliente. Este aplicativo baseia-se na gestão de filas, com o intuito de reduzir o número de desistências associadas a este problema.

Observa-se que são poucos os trabalhos, estudos e ferramentas que abordam o objetivo inicial deste trabalho que é propor um modelo de otimização de atendimento baseado na redução do tempo médio de espera e no aumento da disponibilidade da oferta do serviço, por meio da maximização de lugares no estabelecimento. No entanto, existem alguns trabalhos que abordam de formas distintas partes deste trabalho

2.2. Empacotamento Bidimensional

Este tópico é o tema central do desenvolvimento deste trabalho. Segundo Andrade (2006), problemas de empacotamento, na sua forma geral, requerem que certos objetos, chamados de itens, sejam empacotados em outros, de tamanhos maiores, chamados de recipientes. Deve-se observar que os itens devem ser empacotados sem sobreposição.

De acordo com Bezerra (2018), o problema de empacotamento bidimensional em faixas com os itens apresentando orientação fixa é uma versão do problema de empacotamento em faixas que tem recebido pouca atenção por parte da comunidade científica. O modelo de Lodi et al. (2004), definido pelo empacotamento formado por níveis dentro de uma faixa (a largura do recipiente), continua a ser bastante competitivo na atualidade. Neste modelo, os itens são alocados formando níveis. Os itens no primeiro nível são inseridos da esquerda para a direita, sendo o mais alto inserido primeiro, de modo que este item irá determinar a altura do nível. A altura de um nível determina o início para o próximo nível. A modelagem matemática do problema é apresentada a seguir. Para a modelagem, assume-se que:

a) Em cada nível, o primeiro item (mais à esquerda) possui a maior altura;
b) O primeiro nível (inferior) é o nível mais alto da faixa;
c) Os itens são ordenados (e renumerados) em ordem decrescente de suas alturas.

Sejam as variáveis de decisão:

$y_k = 1, se\ o\ item\ k\ \ inicializa\ no\ nível\ k\ e\ 0\ caso\ contrário\ (k = 1, \dots, n)$

$x_{kj} = 1, se\ o\ item\ j\ está\ alocado\ no\ nível\ k\ e\ 0\ caso\ contrário\ (k = 1, \dots, n-1, j > k)$

O problema é formulado como:

$$\min \sum_{k=1}^{n} h_k y_k \ (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{k=1}^{j-1} x_{kj} + y_j = 1\ (j = 1, \dots, n)\ (2)$$

$$\sum_{j=k+1}^{n} w_j x_{kj} \leq (W - w_k) y_k\ (k = 1, \dots, n-1)\ (3)$$

$$y_k \in \{0,1\} (k = 1, \dots, n) (4)$$

$$x_{kj} \in \{0,1\} (k = 1, \dots, n-1;\ j > k) (5)$$

Onde W é a largura da faixa, h_j é a altura do item j e w_j é a largura do item j. A função-objetivo (1) minimiza a altura utilizada de cada nível. As restrições (2) garantem a alocação unitária de cada item. A restrições (3) garantem a alocação de cada item dentro da área estabelecida e as restrições (4) e (5) garantem o domínio das variáveis.

Este modelo é amplamente utilizado quando se trata de otimização relacionada ao empacotamento bidimensional. Na próxima seção são apresentadas a formulação matemática e a meta-heurística propostas para o problema abordado neste trabalho.

3. Estudo de Caso

Para o trabalho em estudo, apresenta-se a seguir, sua formulação matemática, que tem como objetivo a otimização da quantidade de lugares disponíveis no restaurante, considerando o problema como um problema de corte bidimensional, ou seja, dado um layout, pretende-se maximizar a quantidade de clientes dentro do restaurante, de modo a diminuir o tamanho da fila de espera. No fundo, o que se pretende com a maximização do número de clientes atendidos é a maximização do lucro do restaurante.

3.1. Formulação Matemática

Sejam as seguintes variáveis de decisão:

• qtd_clientes $_k$ - Quantidade de clientes da mesa k (variável inteira);

• utiliza_mesa $_k$ - Utilização da mesa k (variável binária).

A função-objetivo (maximizar quantidade de lugares disponíveis) é definida como:

$$Max \sum_{k=1}^{m} utiliza_mesa_k qtd_clientes_k \ (1)$$

Para este trabalho considerou-se que, para o restaurante atender à maior demanda possível, deve-se utilizar mesas conforme os padrões mostrados na Figura 1

Padrões de mesas verticais Padrões de mesa horizontais

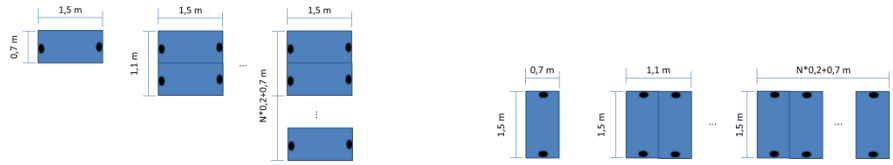


Figura 1 – Padrões de mesa para o restaurante

Desta forma, tem-se tanto no padrão vertical como no padrão horizontal, mesas de 2 lugares, mesas de 4 lugares e mesas de 2N lugares (N > 2). Para maximizar a quantidade de clientes atendidos em diferentes mesas, deve-se alocar os clientes de modo que o número de lugares na mesa seja o mais próximo possível do número de clientes atendidos naquela mesa.

Pelo formato das mesas (horizontais e verticais), o número de clientes atendidos em cada mesa deve ser um número par (2, 4, 6, ...). Por outro lado, a restrição de distanciamento devido à COVID 19, requer um distanciamento entre mesas de, no mínimo, 1 metro. Assim, para o problema de empacotamento, deve-se considerar as restrições de área total, dimensão máxima do layout (nos eixos x e y) e o distanciamento entre mesas, que será também utilizado como corredores para o fluxo de pessoas e garçons.

Desta forma, para a formulação do modelo matemático são considerados os seguintes parâmetros e variáveis:

L = Largura do *layout* do restaurante (variável inteira)

C = Comprimento do *layout* do restaurante (variável inteira)

c_k = $Cmesa_k$ = comprimento da mesa k (variável inteira)

l_k = $Lmesa_k$ = largura da mesa k (variável inteira)

$ylin_{ki}$ = Quantidade de lugares da mesa k ao longo da largura i (variável binária)

$ycol_{ki}$= Quantidade de lugares da mesa k ao longo do comprimento j (variável binária)

x_{ij}= Matriz de *layout* do restaurante com largura i e comprimento j (variável binária)

y_{kij} = Matriz de incorporação unitária da mesa k no ponto (i, j) do *layout* (variável inteira)

Como pretende-se utilizar as dimensões máximas do layout do restaurante tem-se as seguintes restrições:

$$\sum_{k=1}^{m} ylin_{ki} < L \ (\mathrm{i} = 1, \dots, L) \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^{m} ycol_{ki} < C \ (\mathrm{i} = 1, \dots, \mathrm{C}) \quad (7)$$

A restrição (6) se refere à quantidade máxima de mesas ao longo da largura, que deve ser no máximo o valor da largura do *layout* do restaurante. A restrição (7) se refere à quantidade máxima de mesas ao longo do comprimento, que deve ser máximo o valor do comprimento do layout do restaurante.

Outros layouts podem ser gerados adicionando-se restrições ao modelo para diferentes tipos de geometria. Para o presente trabalho foram utilizadas matrizes retangulares conforme explicado acima e uma variação gerada por uma matriz triangular em que os elementos acima da diagonal principal são todos nulos, como mostra a restrição (8).

$$\sum_{J=1}^{C} x_{ij} = 0$$

Deve-se observar que um elemento xij da matriz indica se o espaço que corresponde à coordenada (i, j) do layout do restaurante está ocupado ou não, por uma mesa, como mostra a Figura 2. Nesta figura tem-se a ocupação definida pela área azul escura, o corredor delimitado pela área cinza e a área disponível demonstrada pela área azul clara.

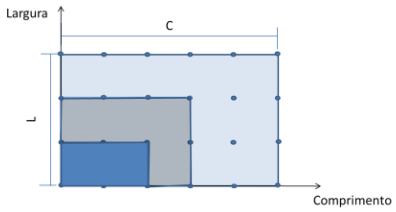


Figura 2 – Exemplo da matriz de ocupação de *layout*

As demais restrições do modelo correspondem às restrições de ocupação das mesas, restrições de eliminação de sobreposição de mesas e restrições de aglutinação de pontos para manter as mesas juntas.

$$\sum_{i=1}^{L} ylin_{ki} + \sum_{j=1}^{C} ycol_{kj} \leq Cmesa_k + Lmesa_k \ (k = 1, \dots, m) \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{L} ylin_{ki} Cmesa_k = \sum_{j=1}^{C} ycol_{kj} Lmesa_k \ (k = 1, \dots, m) \quad (10)$$

$$ylin_{ki} - ylin_{ri} + ycol_{kj} + ycol_{rj} \leq 4 \ (i = 1, \dots, L;\ j = 1, \dots, C; k = 1, \dots, m-1; r = 1, \dots, m) (11)$$

As restrições (9) e (10) verificam a condição de existência das mesas no layout e a restrição (11) correspondem às restrições de eliminação de sobreposição de mesas. As restrições (9) verificam se a soma dos itens associados às linhas e às colunas não excedem a soma dos comprimentos e largura das mesas. As restrições (10) verificam se as áreas representadas pela somatória das linhas multiplicada pelo comprimento de cada mesa é igual a somatória das colunas multiplicada pelas larguras das mesas. As restrições (11) garantem que não haja sobreposições, assegurando que a soma das linhas e colunas para todas as mesas seja, no máximo, igual a 4.

As restrições a seguir são necessárias para garantir que os elementos x_{ij} do layout sejam aglutinados em blocos e não dispersos ao longo da matriz de *layout*.

$$\left(\frac{y_{ki1}}{K}\right) + \left(\frac{y_{kiC}}{K}\right) + \sum_{j=1}^{C-1} \left(\left(\frac{y_{kij+1}}{k}\right) - \left(\frac{y_{kij}}{k}\right)\right)^2 \leq 3 \ (i = 1, \dots, L; k = 1, \dots, m) \ (12)$$

$$\left(\frac{y_{k1j}}{K}\right) + \left(\frac{y_{kLj}}{K}\right) + \sum_{i=1}^{L-1} \left(\left(\frac{y_{ki+1j}}{k}\right) - \left(\frac{y_{kij}}{k}\right)\right)^2 \leq 3 \ (j = 1, \dots, C; k = 1, \dots, m) \ (13)$$

As restrições (12) e (13) representam, respectivamente, a aglutinação das mesas nas colunas e nas linhas. Nas restrições (12), o termo $\left(\frac{y_{ki1}}{K}\right) + \left(\frac{y_{kiC}}{K}\right)$ (resultado da divisão do elemento pelo número da mesa) refere-se às bordas da matriz de layout. Nestas restrições, este termo será igual a 2, se a mesa k tem o tamanho da largura da matriz; será igual a 1, se a mesa k está posicionada na borda do *layout* mas não possui tamanho necessário para ocupar toda a coluna; e será 0 se a mesa k não iniciar na borda. Ainda nas restrições (12), o termo referente à somatória será igual a 0, se a mesa k ocupar todo o comprimento daquela largura; será igual a 1, se a mesa iniciar na borda e finalizar antes do comprimento do layout; e será maior do que 1 se não houver aglutinação das mesas. Assim, combinando os dois termos verifica-se que para haver condição de aglutinação das mesas faz-se necessário que a soma desses dois termos seja menor ou igual a 3. A restrição (13) faz o mesmo teste de aglutinação, verificando essa condição, mas ao longo do eixo da largura.

Além das condições de aglutinação e eliminação de sobreposição de mesas, existe a necessidade de incluir todas as mesas possíveis no layout de forma unificada, conforme as restrições a seguir.

$$y_{kij} \leq ylin_{ki} + K \ (i = 1, \dots, L; j = 1, \dots, C; k = 1, \dots, m) \ (14)$$

$$y_{kij} \leq ycol_{kj} + K \ (i = 1, \dots, L; j = 1, \dots, C; k = 1, \dots, m) \ (15)$$

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^{m} y_{kij} \ (i = 1, \dots, L; j = 1, \dots, C) \ (16)$$

As restrições (14) e (15) compõem a representação da matriz y_{kij} do *layout* para cada mesa isolada, com a finalidade de verificar se a mesa está de acordo com as condições de aglutinação e sobreposição. As restrições (16) garantem que a soma desse conjunto de matrizes representando mesas isoladas corresponde à matriz final do *layout* do restaurante.

Por fim, para o cálculo da função-objetivo é necessário calcular a quantidade de mesas presentes no layout, conforme a restrição (17).

$$utiliza_mesa_k = \sum_{i=1}^{L} \frac{\sum_{j=1}^{C} y_{kij}}{(k * Lmesa_k * Cmesa_k)} (k = 1, \dots, m) \ (17)$$

Esta formulação foi implementada utilizando a linguagem de modelagem AMPL. Os resultados obtidos estão mostrados na Seção 5.

3.2. A Heurística Proposta

A heurística proposta neste trabalho baseia-se em uma heurística gulosa que prioriza as mesas com maior número de lugares e procura incluí-las no layout. Para incluir uma mesas, a heurística procura encaixá-la no canto superior esquerdo. Após o primeiro encaixe, o algoritmo busca a segunda mesa com maior número de lugares e tenta encaixá-la logo abaixo da primeira mesa no espaço mais a esquerda que houver disponível. Ao término do preenchimento do lado esquerdo, o algoritmo procura pelo lado superior esquerdo e tenta encaixar novamente a próxima mesa e isso é repetido até acabarem os espaços vazios ou até que todas as mesas tenham sido incluídas no layout.

As Figuras 3 e 4 mostram os passos principais da heurística proposta.

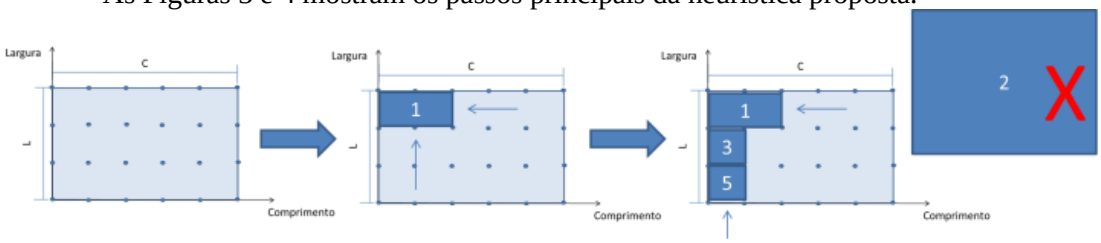


Figura 3 – O processo de encaixe das mesas

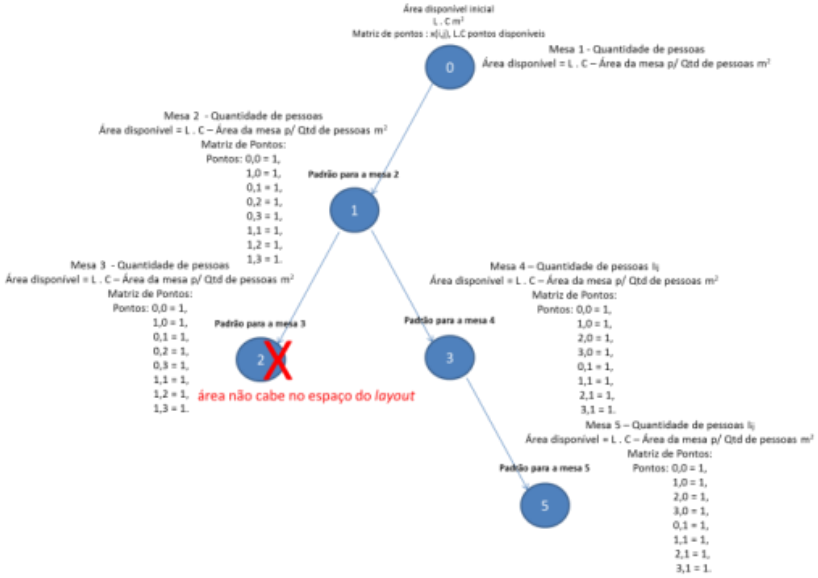


Figura 4 – Árvore de busca da heurística proposta

A Figura 5 mostra o pseudocódigo da heurística proposta.

Entrada:
Dados da quantidade máxima de pessoas
Dados de *layout*
Dados dos padrões de mesas vertical e horizontal
Algoritmo:
Para cada mesa, gerar a árvore com as mesas do *layout* respeitando as restrições:
Comparar o valor da quantidade de mesas para os nós do nível 1:
Se houver somente um nó com valor de mesas maior que os demais:
Criar nós filhos deste nó com a configuração da próxima mesa respeitando as restrições do modelo.
Senão:
Criar nós filhos para os nós de maior valor com a configuração da próxima mesa respeitando as restrições do modelo.
Comparar o valor da quantidade de mesas do nó filho com os valores do nó pai:
Se o valor da quantidade de mesas do nó filho for igual ao nó pai:
Encerrar ramo
Senão:
Continuar árvore.
Resultado:
Quantidade de pessoas por mesa.
Melhor *layout* para a demanda máxima.

Figura 5 – Pseudocódigo da heurística proposta

A heurística proposta foi implementada na linguagem Python. Os resultados obtidos estão mostrados na Seção 5.

4. Dados do Problema

Os dados utilizados nos testes computacionais baseiam-se em um caso real que foi retirado do trabalho de Fonseca (2015), no qual utiliza-se o layout de um restaurante conforme mostra a Figura 6.



Área total = 230,7 m^2
Figura 6 – Planta baixa do restaurante analisado
Fonte: Fonseca (2015)

A avaliação desta planta baixa levou à seguinte configuração do restaurante em termos de mesas e lugares disponíveis, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de lugares disponíveis e medidas aproximadas

Quantidade de lugares	Quantidade de mesas sem espaçamento	Quantidade de mesas com espaçamento	Medida horizontal [m]	Medida vertical [m]
2	7	4	0,7	1,5
4	34	20	1,1	1,5
6	11	7	1,5	1,5
8	1	1	2,2	2,2
Total	**53**	**32**		

Por meio dos dados obtidos do histograma de tempo médio de espera por quantidade de pessoas do lugar, obtido do trabalho de Fonseca (2015) durante o período das 18:00 as 22:00 hs, consegue-se concluir que a demanda máxima para o restaurante é de 282 lugares, sendo 8 lugares de 1 pessoa, 7 lugares de 2 pessoas, 5 lugares de 3 pessoas, 39 lugares de 4 pessoas, 3 lugares de 5 pessoas e 14 lugares de 6 pessoas.

Considerando que não existem mesas para 1, 3 e 5 lugares, os dados reais de entrada considerados para este trabalho são os seguintes: demanda máxima de 308 lugares, sendo 15 lugares de 2 pessoas, 44 lugares de 4 pessoas e 17 lugares de 6 pessoas.

5. Resultados e Conclusões

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos para 14 exemplares fictícios, considerando áreas de 16, 25, 36, 49 e 64 m2 e demandas de 24 e 36 lugares para várias configurações de mesas, com a finalidade de verificar o desempenho (em termos da qualidade e tempo de processamento) dos métodos exato e heurístico para, posteriormente, utilizá-los na aplicação real do problema.

Essa amostra de dados foi considerada, pois o método exato não foi capaz de resolver o problema real (excede a capacidade de memória para resolução do problema). Desta forma, foram consideradas instâncias menores para validação do método heurístico.

Para análise do problema, também foi considerada a análise da matriz triangular proposta no início do problema para avaliar se com a introdução da restrição que propõe o uso da matriz triangular o problema poderíamos utilizá-la para avaliação no problema final ou não.

A Tabela 2 mostra as soluções obtidas pela formulação matemática proposta, implementada na linguagem AMPL e utilizando o solver GUROBI, assim como os resultados

obtidos pela heurística proposta, implementada na linguagem Python. Nesta tabela, a indicação Mx representa "Mesa para x pessoas".

Tabela 2 – Comparativo de qualidade e tempo de solução

		AMPL retangular		AMPL triangular		Heurística	
Área	**Demanda**	**Qtd**	**Tempo [s]**	**Qtd**	**Tempo [s]**	**Qtd**	**Tempo [s]**
16 m² L = 4 m C = 4 m	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	16 lugares 1 M2 2 M4 1 M6	4,844	8 lugares 1 M2 0 M4 1 M6	0,281	16 lugares 1 M2 2 M4 1 M6	0,0001
25 m² L = 5 m C = 5m	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	1,672	12 lugares 2 M2 2 M4 0 M6	2,438	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	0,0001
25 m² L = 5 m C = 5m	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	Ótimo não alcançado	-	12 lugares 3 M2 0 M4 1 M6	15,218	24 lugares 2 M2 1 M4 3 M6	0,0001
36 m² L = 6 m C = 6m	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	0,578	18 lugares 1 M2 1 M4 2 M6	3,016	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	0,0001
36 m² L = 6 m C = 6m	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	6,594	Ótimo não alcançado	-	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	0,0001
49 m² L = 7 m C = 7m	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	2,969	Ótimo não alcançado	-	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	0,0001
24 m² L = 4 m C = 6m	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	24 lugares 3 M2 0 M4 3 M6	93,375	8 lugares 1 M2 0 M4 1 M6	1,172	24 lugares 3 M2 0 M4 3 M6	0,0001
49 m² L = 7 m C = 9m	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	0,39	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	2,969	24 lugares 2 M2 2 M4 2 M6	0,0001
49 m² L = 7 m C = 9 m	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	5,11	Ótimo não alcançado	-	36 lugares 3 M2 3 M4 3 M6	0,0001

Pelos resultados mostrados na Tabela 2, pode-se notar que existe uma diferença muito significativa no tempo de solução do método heurístico em relação ao tempo de solução do método exato. Além disso, o tempo de solução do método exato aumenta muito à medida que o problema se torna cada vez mais complexo, ou seja, em exemplares em que a capacidade das mesas se torna muito próxima ao limite de lotação do espaço analisado, esses tempos se tornam muito grandes, inviabilizando a aplicação do método exato para situações realísticas. Em todos os casos em que alcançamos o valor ótimo na função objetivo com o método exato, pudemos verificar que o método heurístico também se manteve obtendo resultados ótimos.

Para o caso real mostrado na Figura 6, a área do restaurante será dividida em 6 seções, como mostra a Figura 7.

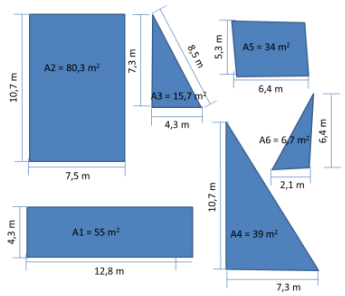


Figura 7 – *Layout* do restaurante analisado dividido em seções

Avaliando os dados do trabalho de Pedrosa (2015), a demanda máxima diária deste restaurante seria de 308 lugares. No entanto, avaliando esta planta com o layout atual chega-se uma quantidade máxima de 232 lugares, sem considerar as restrições de COVID 19, enquanto que para obedecer às condições de distanciamento de mesas de, ao menos, 1 metro, essa capacidade cai para 142 lugares.

A heurística proposta, aplicada às seções mostradas na Figura 7, obtém o resultado de 308 lugares, sem considerar a restrição de espaçamento de 1 metro entre mesas. Comparando o layout atual com o resultado proposto pelo método, nota-se que a capacidade requerida é atendida utilizando apenas as seções A1, A2 e A5, que corresponde à uma economia de 32,9 m2 de área. Somando-se as áreas dos triângulos que não foram utilizados, houve uma economia total de 94,3 m2.

Ao realizar a mesma modelagem com a restrição de espaçamento de 1 metro entre mesas obtém-se o resultado de 162 lugares (diferença de cerca de 47,40% da capacidade requerida). No entanto, o novo layout consegue capturar 12% a mais do que o layout real com restrições.

Esse resultado demonstra que o modelo heurístico implantado pode ser uma boa solução para a análise de casos reais, haja visto que o layout real possui deficiência em atender a capacidade máxima e ainda perde clientes devido a longos tempos de espera. A otimização mostra também que, além de atender a capacidade máxima, ainda pode ser realizada uma redução da área do restaurante, o que pode trazer ganhos financeiros para o restaurante. Assim, pode-se concluir que os estudos de otimização podem antecipar e melhorar resultados reais, fazendo com que o restaurante deixe de perder potenciais clientes e obtenha mais lucro.

Referências

ABIA – Associação Brasileira da Indústria de Alimentos - Serviços de alimentação estimam crescimento para 2021 – 22/04/2021
https://www.abia.org.br/releases/servicos-de-alimentacao-estimam-crescimento-para-2021. Acessado: 31/08/2021

Aplicativo de gerenciamento de filas – STYME
https://stymeapp.com/2021/04/15/gerenciamento-de-fila-no-restaurante-a-importancia-da-experiencia-do-cliente/. Acessado: 31/08/2021

Azorli, S. e Meira, L. A. A. (2021) - Modelagem para o Problema de Entrega de Refeições em Rio Claro-SP, Cornell University
https://arxiv.org/abs/2102.02635. Acessado: 21/08/2021

Batsista, I. D. S (2019). Smartbuffet: uma plataforma de hardware e software para monitoramento em tempo real de alimentos em restaurantes selfservice usando Internet das Coisas, UFRN. Mestrado profissional em Engenharia de Software

https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/28048. Acessado: 31/08/2021

Fernandes, L. M. A; Costa, T. S.; Azevedo, B. L.; Filomeno, G. B. C.; Ribeiro, A. R. B. - Análise do arranjo físico para otimização do processo produtivo: um estudo de caso em um restaurante universitário: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_227_28128.pdf. Acessado: 31/08/2021

Fernandes, B. M.; Longhini T. M. (2021) - Uso da simulação computacional para análise de atendimento de um restaurante industrial self service, Revista Teknhe e Logos – V.12 – Instituto Federal de Minas Gerais http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/732. Acessado: 31/08/2021

Trindade (2018) - Melhoria do layout dos refeitórios do campus I da UFPB, visando a otimização dos espaços e o aperfeiçoamento dos serviços aos usuários, Monografia de graduação – UFPB https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13443/1/ALT20062018.pdf. Acessado: 31/08/2021

Pedrosa, Daniel Henrique Salta (2015). Ambiente de interatividade: restaurante. 2015. 43 f., il. Monografia (Bacharelado em Desenho Industrial)—Universidade de Brasília, Brasília, https://bdm.unb.br/handle/10483/13885. Acessado: 10/10/2021

Gurgel, Miriam. Projetando espaços – Guia de arquitetura de interiores para áreas comerciais. 6a edição. Editora Senac São Paulo.

Riva, Daiane Joana (2016). Acessibilidade: um estudo de caso em biblioteca e restaurante universitário da UTFPR Pato Branco. 2016. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. Consultado em 02/10/2021 no site: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14493. Acessado: 02/10/2021

Andrade, C.E., Miyazawa, F. K., Xavier, E. C (2006. Um algoritmo exato para o problema de empacotamento bidimensional em faixas. XXXVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO PESQUISA OPERACIONAL, Goiânia. http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2006/pdf/arq0065.pdf. Acessado: 12/11/2021

Bezerra, V. M. Problemas de empacotamento bidimensional em níveis: estratégias baseadas em modelagem matemática. Tese de doutorado do Programa de Pós Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional. USP – ICMC. 2018. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-23072018-095234/publico/VanessaMunhozReinaBezerra_revisada.pdf. Acessado: 19/11/2021

Lodi, A., Monaci, M. Integer linear programming models for 2-staged dimensional knapsack problems. Mathematical Programming. Springer, v.94, n. 2-3, p. 257 – 278, 2003.