

O PROBLEMA DE CORTE BIDIMENSIONAL APLICADO A UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA: UMA ABORDAGEM UTILIZANDO FIRST FIT DECREASING HEIGHT (FFDH)

Nádyá Zanin Muzulon

nadyamuzulon@gmail.com

Juliana Verga Shirabayashi

juliana.verga@ufpr.br

JAIR DA SILVA

jairmt@gmail.com



Este trabalho tem por objetivo estudar e propor soluções para o problema de corte bidimensional. Esse tipo de problema é essencial para o planejamento da produção em indústrias como as do setor moveleiro, onde é possível obter soluções quanto à forma de cortar objetos, para a produção dos itens nas quantidades solicitadas, rearranjando geometricamente esses itens, de modo que a perda de material seja mínima, diminuindo assim o custo de produção. Diante disso, foi realizado um estudo de caso em uma empresa de móveis da região de Marialva, Paraná. Tal estudo foi dividido em várias etapas, a saber: coleta de dados na empresa; modelagem do problema; estratégia de solução; análise e melhoria das soluções obtidas. O problema foi modelado como um problema de corte bidimensional e as soluções foram obtidas com auxílio do algoritmo First Fit Decreasing Height (FFDH) e do software SketchCut Lit obtendo-se uma perda das placas de 0,66%, sendo que o padrão da empresa analisada gera 8,84%. Assim melhorias na solução ainda serão estudadas com auxílio de outros métodos e heurísticas.

Palavras-chave: Corte Bidimensional. Otimização. FFDH. Indústria Moveleira.

1. Introdução

Nos dias atuais a competitividade empresarial é a grande motivadora para geração de negócios e inovação, sendo também um desafio a ser enfrentado pelas empresas diariamente. Assim, para potencializar resultados e se destacar perante seu setor, as empresas devem reforçar suas vantagens e ficar atentas a problemas práticos que muitas vezes passam despercebidos, fazendo com que as mesmas não atinjam suas metas. Diante disso a organização pode contar com ferramentas auxiliaadoras, entre elas, a Pesquisa Operacional (P.O), definida como aplicação de métodos científicos a problemas complexos visando auxiliar nas tomadas de decisões (ARENALES ET AL, 2007).

O surgimento da Pesquisa Operacional (PO) foi em 1938, durante a Segunda Guerra Mundial, onde cientistas de diversas áreas como matemáticos, físicos e engenheiros se uniram para resolver problemas estratégicos, logísticos e táticos, a fim de avaliar e reposicionar adequadamente os radares do sistema de defesa aérea da Grã-Bretanha. Após a guerra, os estudiosos envolvidos continuaram a realizar pesquisas e desenvolver modelos para auxiliar na tomada de decisão, até mesmo para problemas não militares. Atualmente, este ramo da Matemática é bastante utilizado em diversas áreas e processos das organizações (ARENALES ET AL, 2007).

Assim, diante da aplicabilidade e versatilidade da Pesquisa Operacional (P.O), ela se destaca como algo fundamental para Engenharia de Produção, em particular nos problemas de planejamento e execução (ARENALES ET AL, 2007).

Diante do exposto, este trabalho visa abordar problemas de corte cujas indústrias enfrentam em seu dia a dia. Esse tipo de problema está presente em diversos processos industriais e é essencial para o planejamento da produção em indústrias que produzem peças de tamanhos e materiais variados, sendo estas de papelaria, vidraçaria, metalúrgica, plástica, têxtil ou moveleira, por exemplo, onde melhorias no processo de produção podem representar inúmeras vantagens econômicas e operacionais (SALVADEO; BRESSAN, 2015). Para estas, a redução dos custos de produção e otimização dos processos estão, frequentemente, associados à utilização de estratégias adequadas de cortes.

Tal problemática incentivou o estudo de possíveis soluções utilizando algoritmos, para melhorar o plano de corte no processo de produção de um Hack de material *Medium Density Fiberboard* (MDF), em uma pequena indústria moveleira situada no norte do Paraná, visando cortar os objetos para a produção dos itens nas quantidades solicitadas, de modo que a perda de material seja mínima, diminuindo assim o custo de produção.

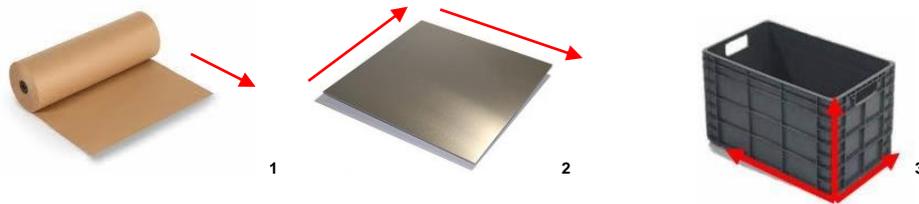
2. Pesquisa Bibliográfica

Várias indústrias usam objetos maiores padronizados para serem cortados em tamanhos menores variados, em geral, não padronizados. Assim, de acordo com Poldi e Arenales (2006, p. 154) “problemas de corte de estoque consistem em cortar peças maiores (objetos) disponíveis em estoque com a finalidade de produzir peças menores (itens) para atender uma dada demanda, otimizando uma determinada função objetivo que pode ser, por exemplo, minimizar a perda de material, ou o custo dos objetos cortados”

A forma geométrica como os itens são arrançados em um objeto é chamada de padrão de corte e um padrão de corte é dito homogêneo se contém apenas um tipo de item. Diversos fatores devem ser considerados na elaboração de um padrão de corte, por exemplo, em peças retangulares, um padrão de corte é viável se for guilhotinado, ou seja, um corte feito de uma extremidade a outra de um retângulo, dividindo-o em retângulos menores. Outro fator importante na geração de um padrão de corte é o número de vezes que o objeto deve ser rotacionado em 90°, de forma a permitir que os cortes guilhotinados sejam realizados (número de estágios). De maneira geral, o número de estágios k é dado por $k = r + 1$, sendo r o número de rotações necessárias. Se ao término do último estágio, todos os itens tiverem sido obtidos, o padrão de corte é dito exato, se for necessário um corte adicional (apara) o padrão é não exato (ARENALES ET AL, 2004).

Quando se trata de problemas de corte, os objetos a serem cortados podem ser classificados de três modos: unidimensionais, ou seja, varia em apenas uma dimensão, como uma bobina; bidimensionais, formas que variam em comprimento e largura, como chapas; ou tridimensionais, podendo possuir variação no comprimento, largura e altura, presentes nas mais diversas situações cotidianas, como uma caixa. Veja a Figura 1 abaixo.

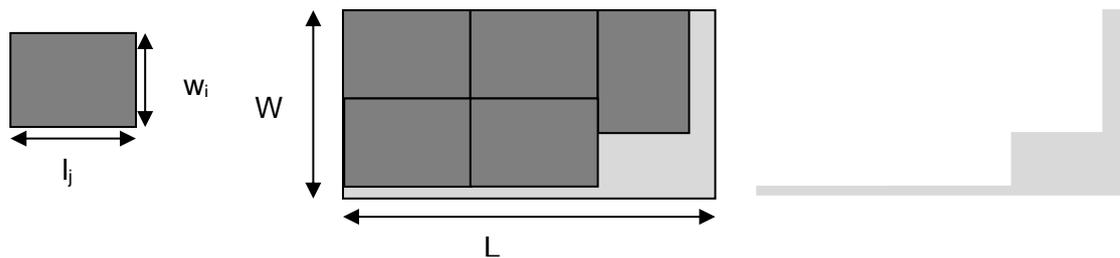
Figura 1 - Representações dimensionais (unidimensional, bidimensional e tridimensional respectivamente)



Fonte: Amazon (2018)¹; Alumais Com. de Metais e Vidros Ltda (2018)²; Sandplast (2017)³

Neste trabalho os objetos mestres usados para testes serão bidimensionais $M(L; W)$, onde L e W representam respectivamente a largura e comprimento da peça original a ser cortada, e l_i e w_i representam respectivamente a largura e comprimento dos itens demandados (d_i). Veja um exemplo na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de itens bidimensionais a serem cortados



Fonte: MUZULON, Nádyá (2018)

A Figura 2 mostra itens a serem produzidos de dimensões $(l_i; w_i)$, a partir de uma placa mestre de tamanho $(L;W)$. Na placa mestre são alocados a maior quantidade de itens $(l_i; w_i)$ possíveis, o resultado dessa combinação é a produção de 5 itens (área sombreada) e uma área perdida da placa (área mais clara). Desse modo o desafio é alocar peças menores $(l_i; w_i)$ na placa $(L;W)$, de modo a minimizar a área desperdiçada e ao mesmo tempo satisfazer a demanda. Ou seja, otimizar o processo de corte de placas em peças menores nas quantidades e dimensões demandadas. (ARENALES ET AL, 2007).

3. Metodologia

Para modelarmos o problema de corte bidimensional cada padrão de corte, supostamente conhecido, deve ter associado a si um vetor α_j dimensional, cujas coordenadas α_{ij} representa m números de itens do tipo i $(l_i; w_i)$ a serem cortados no padrão de corte j .

Para auxiliar na compreensão e desenvolvimento do estudo também é importante esclarecer que um vetor α só representa um padrão de corte, se e somente se, a soma das áreas dos itens presentes no padrão não ultrapassarem o tamanho total do objeto mestre (L; W) a ser cortado (ARENALES ET AL, 2007).

Sabendo disso a problemática pode ser formulada matematicamente como mostra a modelagem a seguir:

$$\text{Minimizar } \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \quad (1)$$

$$\text{S.a: } \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \geq d_i \quad (2)$$

$$x_j \in Z^+ \quad (3)$$

Fonte: ARENALES ET AL, (2007)

Onde a_{ij} representa o número de itens i cortados no padrão j , a variável de decisão x_j representa o número de objetos cortados de acordo com o padrão j ; a função objetivo (1) pode ter várias interpretações: minimizar o custo de cada padrão de corte, minimizar a perda em cada padrão de corte ou minimizar o número de objetos cortados; a restrição (2) garante que a demanda seja atendida, nota-se que ela também considera produções de itens em excesso, em casos de demanda flexível; e por fim a restrição (3) indica o tipo de variável.

Na literatura existem inúmeras abordagens para resoluções de problema de corte bidimensional, já que este é classificado como um problema da classe NP-difícil (Dowland e Dowland, 1992; Dyckhoff e Finke; 1992), assim, este trabalho inicialmente propõe uma abordagem baseada em algoritmos como *First Fit Decreasing Height* (FFDH) (CHUNG ET AL 1982), orientado por altura e orientado por largura, a fim de analisar qual gera menor perda, consequentemente melhor área ocupada.

Neste estudo a quantidade de estágio não será restringida, porém algumas restrições devem ser atendidas, como:

- As dimensões dos itens a serem cortados, devem respeitar o tamanho da placa mestre;
- O corte será realizado na forma guilhotinado;
- A orientação dos itens deve ser fixa, não podendo ser alterada durante o processo.

Quando o móvel é cortado em *Medium Density Fiberboard* (MDF) colorido ou desenhado, este possui uma orientação, no qual se invertida, compromete a qualidade e a estética do produto final, o que se enquadra no caso deste estudo.

Também é importante ressaltar que ao gerar padrões, a área não ocupada por peças pode ser classificadas como perdas ou sobras. As sobras, são partes do material que podem ser reaproveitados para outro produto, já as perdas são materiais com difícil reutilização, por serem extremamente pequenos e retalhados.

Neste estudo, os objetos mestres de *Medium Density Fiberboard* (MDF) a serem cortados para confecção de um hack de duas gavetas, possui dimensões 183x275 cm e os itens menores a serem rearranjados estão representados na Tabela 1.

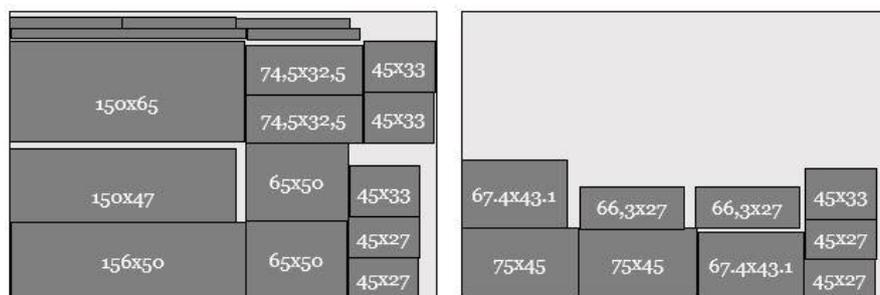
Tabela 1- Itens menores a serem cortados

Item	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Demanda(un)	01	02	01	01	01	02	04	02	04	04	02	02
Dimensão(cm)	156X50	65X50	150X47	150X7	150X65	74,5X32,5	45X33	75X45	72X7	45X27	66,3X27	67,4X43,1

Fonte: MUZULON, Nádyá (2018)

Na Tabela, a primeira linha intitula os itens a serem cortados, a segunda linha possui as demandas de cada item, em unidades, que variam de 1 a 4 e na última linha estão representadas as dimensões respectivas a cada item. O padrão de corte utilizado atualmente pela empresa analisada é representado na Figura 3.

Figura 3 – Padrão de corte atual utilizado pela empresa



Fonte: base de dados da empresa (2018)

Na Figura 3, os itens a serem cortados são representados em tom mais escuro ocupando uma área de $6,56m^2$ e as sobras e perdas estão representadas por tons mais claros, sendo $2,61m^2$ de sobra e $0,89m^2$ de perda.

3.1. First Fit Decreasing Height (FFDH)

O algoritmo FFDH é uma adaptação do Algoritmo *First Fit Decreasing* (FFD), no qual considera as duas direções do objeto mestre no momento de gerar padrões (TEODORO, 2003).

Os passos para a construção das faixas a serem cortadas no padrão são:

- a) Ordenar os itens de forma decrescente de acordo com sua largura (l_i) ou altura (w_i), a ser definido pelo usuário;
- b) Posicionar o primeiro item na parte de baixo justificado a esquerda;
- c) Posicionar o segundo item se possível ao lado do primeiro item;

Se não couber:

Traçar uma faixa na altura do primeiro item, e colocar o segundo item em cima, alinhado à esquerda;

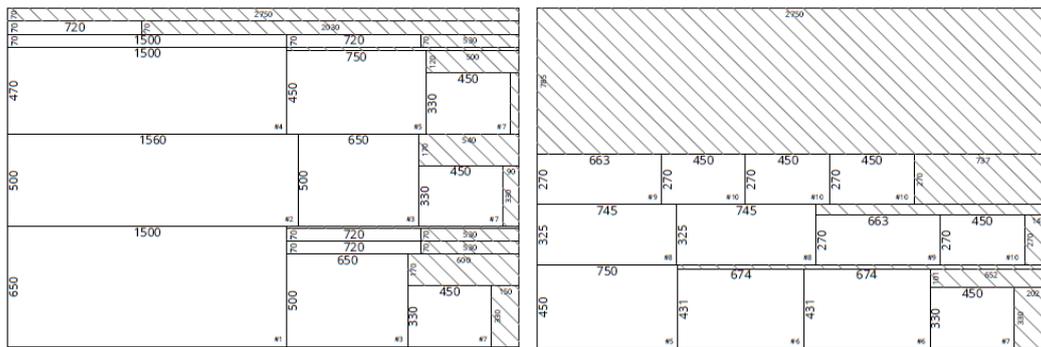
Repetir para itens seguintes, tentando posicioná-los nas faixas na ordem em que foram criadas, ou criando novas, se necessário;

- d) Retornar padrões encontrados (TEODORO, 2003)

Para a geração dos padrões de corte como sugere o algoritmo, utilizou-se do auxílio do software, também oferecido como aplicativo, *SketchCut Lite* (TALI SOFTWARE, 2019). O aplicativo de acordo com o *Google Play* “é projetado com as características de materiais de folha de corte (madeira compensada, aglomerado de madeira, MDF, vidro, plásticos, painéis de madeira, etc.)”, logo atende a necessidade desse estudo.

Ao considerar a aplicação do FFDH por altura, obteve-se a quantidade de duas placas de MDF necessárias, com uma área ocupada de $6,595 m^2$, sobra de $3,148 m^2$ e perda de $0,322 m^2$. Os padrões gerados são representados na Figura 4.

Figura 4 – Padrão de corte gerado pelo FFDH direcionado por altura

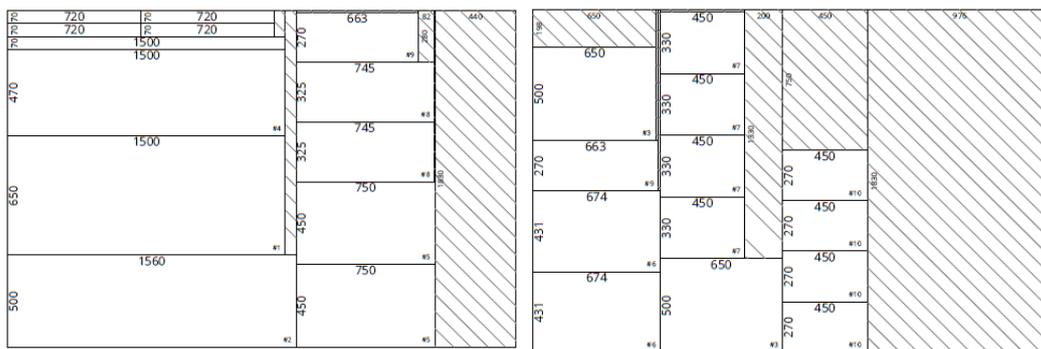


Fonte: SketchCut Lite (2018)

Na Figura 4, as figuras preenchidas em branco representam as peças a serem cortadas, com suas respectivas dimensões, e as figuras preenchidas por traços representam as sobras e perdas.

Como uma segunda tentativa de obter melhores resultados, também foi aplicado o FFDH orientado por largura, esse também utilizou a quantidade de duas placas de MDF, com uma área ocupada de $6,595 m^2$, sobra de $3,403 m^2$ e perda de $0,067 m^2$. Os padrões gerados são representados na Figura 5.

Figura 5 – Padrão de corte gerado pelo FFDH direcionado por largura



Fonte: SketchCut Lite (2018)

Assim como na Figura 4, a Figura 5 possui as peças a serem cortadas, preenchidas em branco e as sobras e perdas preenchidas por traços.

4. Resultados

Para a produção do hack o algoritmo FFDH gerou dois padrões distintos, logo, resolvendo a modelagem, um único objeto deve ser cortado de acordo com cada padrão. A Tabela 2 mostra a comparação entre os padrões orientados por altura, largura e o utilizado pela empresa.

Tabela 2 – Comparação dos resultados obtidos

MODELO	SOBRA	PERDA	TOTAL RETALHO	TOTAL OCUPADO
ALTURA	32,28%	3,2%	34,47%	65,52%
LARGURA	33,81%	0,66%	34,47%	65,52%
EMPRESA	25,93%	8,84%	34,7%	65,18%

Fonte: MUZULON, Nády (2018)

Na Tabela 2, é possível notar que os três modelos obtiveram percentual de espaço ocupado próximos. Como visa-se minimizar a perda, o modelo FFDH orientado por largura se destaca, por possuir maior percentual de sobra e menor percentual de perda, gerando maior material que possa ser reaproveitado, em comparação com os demais modelos. Assim, a proposta para a empresa, é de que esta passe a utilizar os padrões da Figura 5, reduzindo material perdido em 8,18%.

5. Conclusões

O estudo e definições de novos padrões de corte para a produção de Hack's na empresa estudada, foi de extrema importância, pois, os resultados obtidos foram significantes e melhores, do que o corte praticado atualmente por ela. O novo padrão reduziu a perda, material sem reutilização, de 8,84% para aproximadamente 0,66%, comprovando a necessidade do estudo, antes de realizar os cortes das placas de MDF. A abordagem do algoritmo FFDH, orientado nas duas direções, também foi de grande importância para escolha do padrão.

Também vale ressaltar que os padrões propostos podem não ser o ótimo, assim, os próximos passos a serem realizados é buscar novas heurísticas e algoritmos que resultem em uma melhor otimização da área ocupada, reduzindo também o total de retalho.

REFERÊNCIAS

ARENALES, Marcos; ARMENTANO, Vinícius; MORABITO, Reinaldo; YANASSE, Horacio. Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia. Editora Campus, 2007.

ARENALES, Marcos; MORABITO, Reinaldo; YANASSE, Horácio. Problemas de Corte e Empacotamento. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. São João Del Rei - MG. Mini curso. 2004. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0280.pdf>>. Acesso em 01 de agosto de 2017.

POLDI, Kelly Cristina; ARENALES, Marcos Nereu. O problema de corte de estoque unidimensional multiperíodo. Pesquisa Operacional, [s.l.], v. 30, n. 1, p.153-174, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-74382010000100008>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v30n1/08.pdf>>. Acesso em 01 de Agosto de 2017.

SALVADEO, G. P.; BRESSAN, G. M. Aplicação do Problema Combinado – Corte de Estoque e Dimensionamento de Lotes – em uma Fábrica de Móveis. p. 1–14, 2015.

TEODORO, Alan Augusto. O Problema do Corte Bidimensional: uma abordagem utilizando o método de geração de colunas. 2003. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

TALI SOFTWARE. SketchCut Lite - Fast Cutting. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fortali.mapcut&hl=pt_BR&rdid=com.fortali.mapcut>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2019.