



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



EVENTO
ON-LINE

02 a 04
de dezembro 2020

Implementação de um Algoritmo para Geração de Padrões em Problemas de Cortes Unidimensionais: Uma Aplicação

Gerson Ulbricht

Departamento de Ensino – Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

Cristian de Souza

Departamento de Ensino – Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC

Eduardo Pauli

Departamento de Ensino – Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC

Cassiano Rodrigues Moura

Departamento de Ensino – Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

Resumo: Este trabalho tem como objetivo estudar um problema de cortes unidimensionais e implementar um algoritmo que auxilie na geração de padrões de cortes que compõe o modelo de otimização. Após estudos em trabalhos já existentes, foi proposto um modelo matemático em que para as entradas e saídas de dados foi utilizada uma planilha de cálculo e para resolução do modelo a ferramenta Solver do Microsoft Excel. Devido à quantidade elevada de padrões de corte existentes foi desenvolvido um algoritmo responsável pela geração destes padrões, o qual foi implementado em Scilab. O modelo matemático e computacional desenvolvido foi aplicado em um problema industrial envolvendo corte de eletrodutos, em que resultados apontaram sua fácil implementação no auxílio da tomada de decisão de cortes, de modo a buscar a redução de desperdícios de matéria prima.

Palavras-chave: Algoritmo, cortes unidimensionais, geração de padrões.

Implementation of an Algorithm for Generating Patterns in One-dimensional Cuts Problems: An Application

Abstract: This work aims to study a problem of one-dimensional cuts and present an algorithm that helps in cutting patterns. After studies in existing models it was proposed an optimization model in which the data inputs and outputs in are a spreadsheet and for resolution of the model Microsoft Excel Solver tool was used. Due to the large amount of existing cutting patterns we developed an algorithm responsible for generating these patterns, which is implemented in Scilab. The mathematical and computational model developed was applied in an industrial problem involving cutting conduit, which obtained results showed its easy practical implementation of the aid decision to seek to reduce waste of raw materials.

Keywords: Algorithm, one-dimensional cut, pattern generation.

1. Introdução

No mercado competitivo, as empresas vêm buscando aprimoramento para minimizar os custos dos produtos dentro da sua gama de mercado, tentando reduzi-los sem perder a qualidade do produto e do processo.

Considerando problemas envolvendo o corte de matéria prima é possível estudar as particularidades e limitações no processo por meio da utilização de ferramentas para auxiliar na tomada de decisões, utilizando, por exemplo, métodos matemáticos e algoritmos para a redução de desperdício em corte de eletrodutos. Pode-se dizer que a operação de corte é simples (ato de cortar peças), no entanto, desmembrando as possibilidades em pontos que podem gerar desperdício, pode-se ver que o problema é complexo, à medida que são adicionadas mais variáveis (comprimentos ou padrões de corte diferentes) a serem utilizadas.

Neste trabalho foi realizado um estudo sobre o processo de corte de eletrodutos, para a partir daí apresentar um método de auxílio à decisão minimizando o desperdício de matéria prima contribuindo assim, com uma melhor utilização de recursos.

2. Fundamentação

Este trabalho envolve o estudo e construção de um algoritmo para gerar padrões de corte aplicados a um problema de cortes unidimensionais, estudado pela área da Pesquisa Operacional (PO).

Para Arenales *et al.* (2007), a PO é considerada uma aplicação de métodos científicos para encontrar soluções em problemas complexos, de modo a auxiliar em processos decisórios como, por exemplo, no planejamento e operacionalização de sistemas, focando na utilização eficiente de recursos escassos.

Buscando implantar um problema de programação de cortes, o qual é uma classe de problemas da PO, foi necessário o desenvolvimento do algoritmo de geração de padrões (FORBELLONE; EBERSPÄCHER, 2005).

Para Aguilar (2008), o algoritmo é simplesmente um método para solucionar problemas, e frisa que para a solução do problema é necessário que haja três passos: o projeto de um algoritmo, sua codificação em uma linguagem de programação e a execução e validação do programa construído. Também destaca, assim como Forbellone e Eberspächer (2005), que o algoritmo deve ser preciso e bem definido, de modo a executar o mesmo algoritmo com os mesmos valores e chegar ao mesmo resultado, e que também de ser finito, ou seja, ter um tempo de execução.

Para Boratti e Oliveira (2007, p.19) pode-se definir algoritmo como “uma sequência finita e lógica de instruções executáveis, especificadas em uma determinada linguagem, que mostram como resolver determinado problema”. Já para Goldberg e Luna (2005, p. 499), algoritmo é a “descrição do cálculo ou avaliação sistemática dessa função”.

Nesse sentido, pode-se destacar alguns estudos que vêm sendo feitos nessa área, como o artigo sobre a otimização do problema de corte unidimensional (um estudo de caso na indústria papeleira descrito por Oliveira, Salvador e Silva em 2013), o qual identificou um ponto de melhoria no processo de corte de bobinas de papel.

No caso de algoritmos aplicados a problemas de cortes unidimensionais, um importante trabalho foi desenvolvido por Cunha e Dias (1999), no qual foi desenvolvido um algoritmo para otimização de corte unidimensional chamado “Xcut1D”, onde este foi aplicado na resolução de problemas.

Um artigo que pode ser citado é o de Wavrzynczak, Ulbricht e Teixeira (2016), os quais trabalharam em um modelo matemático para cortes de barras de aço. No processo de corte das barras, notou-se uma significativa redução no desperdício de matéria prima. A partir da combinação de quatro tamanhos de corte foram gerados 160 padrões de cortes diferentes, os quais foram utilizados na formulação do modelo matemático que foi resolvido com o auxílio da ferramenta Solver do Microsoft Excel.

Outro interessante trabalho foi publicado por Silveira Júnior *et al* (2004), onde os autores enfatizaram um problema de cortes de bobinas de aço em uma indústria metalmeccânica, na qual utilizaram programação linear para a resolução do problema, com o auxílio da ferramenta LINDO, onde foi construída uma tabela para auxílio na tomada de decisão no corte e seleção de bobinas e estoque para minimização de perdas no processo.

3. Modelagem Matemática e Computacional para Resolução em um Problema de Cortes na Indústria

Neste capítulo é apresentada a descrição do problema prático na indústria de eletrodutos, bem como do modelo matemático e dos algoritmos de geração de padrões propostos nesse trabalho.

3.1 Descrição do Problema Aplicado

A aplicação do projeto no cenário industrial ocorreu em uma empresa que projeta e fabrica geradores para pequenas centrais hidrelétricas no estado de Santa Catarina. Ela tem no seu escopo de fornecimento o projeto e montagem de eletrodutos para o encaminhamento dos cabos de força e iluminação montados dentro de um fosso de concreto, onde está montado o gerador.

Nos hidrogeradores os cabos de força e iluminação são protegidos por um eletroduto rígido, a fim de evitar danos, protegendo as conexões elétricas de poeira e umidade, bem como o operador de uma possível conexão elétrica exposta, além de organizar o encaminhamento dos cabos até o painel de comando e proteção do circuito, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de encaminhamento de cabos a painéis



Fonte: Os autores (2020)

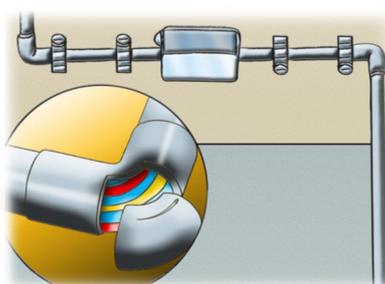
Para a compra desses materiais é gerada uma necessidade de pedido, na qual é informada a quantidade total de cada material necessário para a execução do projeto. Como o projeto de instalação é padronizado, os eletrodutos poderão ser cortados antecipadamente em tamanhos já definidos, o que levará a redução dos desperdícios.

Atualmente, a engenharia especifica a soma total dos cortes de eletrodutos para a compra, considerando mais 20% de coeficiente de segurança. No entanto, esta não especifica o sequenciamento de corte dos eletrodutos para o operador em obra e também não considera a largura da serra em seu projeto, o que pode gerar falta ou desperdício de material na obra.

3.2 Características do componente

O eletroduto utilizado pela empresa e utilizado como padrão nesse trabalho possui 3 metros como comprimento padrão comercial, podendo ser das bitolas de 1/2", 3/4" e 1". Ele é utilizado para encaminhamento de cabos, de acordo com o projeto. Nesse projeto constam as medidas necessárias em que esse eletroduto deverá ser cortado, em comprimentos de acordo com a necessidade. Basicamente, o comprimento de 3 metros será seccionado em comprimentos menores para montagem do encaminhamento dos eletrodutos, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Instalação típica.



Fonte: Os autores (2020)

O corte do material é executado pelo operador no momento da montagem em campo, de acordo com as quantidades e comprimentos especificados. Essa quantidade e comprimento varia de acordo com o projeto, tornando específica a aplicação. Nesse caso serão considerados 13 comprimentos, conforme demonstrado na Tabela 1.

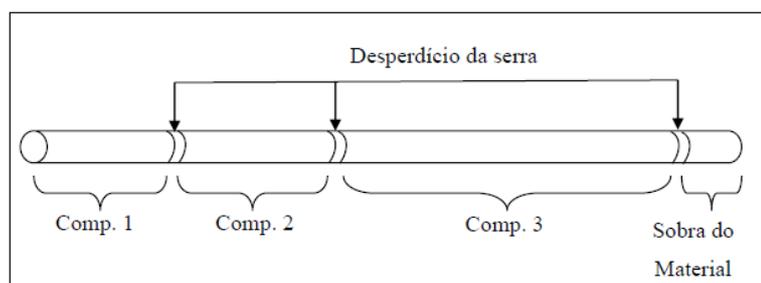
Tabela 1 – Comprimento das peças

Descrição	Medidas (mm)
Comprimento 1	255
Comprimento 2	1960
Comprimento 3	1130
Comprimento 4	1465
Comprimento 5	100
Comprimento 6	405
Comprimento 7	1000
Comprimento 8	1500
Comprimento 9	1455
Comprimento 10	735
Comprimento 11	705
Comprimento 12	515
Comprimento 13	510

Fonte: O autor (2020)

Com o objetivo de suprir a necessidade solicitada, notou-se que o processo de especificação e corte pode gerar perdas ou falta de matéria prima em campo, devido à falta de informação da ordem de corte. O procedimento atual da engenharia não considera também a largura da serra no corte do material. A Figura 3 destaca o processo de corte representando três peças e a largura da serra.

Figura 3: Representação de um padrão de corte genérico



Fonte: O autor (2020)

4. Padrões de cortes

De acordo com a Tabela 1, nota-se que existem 13 medidas diferentes existentes no projeto específico, no qual o eletroduto padrão é cortado com uma serra, podendo gerar sobra de material. A largura da serra é de aproximadamente 2,5 mm, portanto, será considerada essa perda para cada padrão de corte a ser serrado no eletroduto de 3 metros.

Analisando esse caso, é possível encontrar vários padrões (combinações de diversas medidas) de corte possíveis para a mesma barra, gerando diferentes sobras de material para cada uma. O intuito é gerar a maior quantidade possível de padrões de corte e identificar quais padrões serão utilizados de modo a atender às demandas e buscar ao mesmo tempo o menor desperdício possível de matéria prima. Na Tabela 2, constam alguns padrões de cortes possíveis, elaborados de forma manual com o auxílio de uma planilha eletrônica, com os comprimentos e a sobra do material.

Tabela 2 – Alguns padrões de corte

Comprimento (mm)	Padrões de corte (P_i)								...
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	
255	11	10	8	0	2	5	0	1	...
1960	0	0	0	1	1	0	0	1	...
1130	0	0	0	0	0	0	1	0	...
1465	0	0	2	0	0	0	1	0	...
100	1	4	0	1	0	2	3	3	...
405	0	0	0	1	0	1	0	1	...
1000	0	0	0	0	0	0	0	0	...
1500	0	0	0	0	0	0	0	0	...
1455	0	0	0	0	0	0	0	0	...
735	0	0	0	0	0	0	0	0	...
705	0	0	1	0	0	0	0	0	...
515	0	0	0	1	1	1	0	0	...
510	0	0	0	0	0	1	0	0	...
Comprimento cortado (mm)	2905	2950	2945	2980	2985	2905	2895	2920	...
Desperdício da serra (mm)	30	35	27,5	10	10	25	12,5	15	...
Sobra de material (mm)	66	15	27,5	10	5	70	92,5	65	...

Fonte: O autor (2020)

5. Algoritmo Proposto para Geração de Padrões de Corte

Primeiramente, no desenvolvimento desse trabalho foram elaborados 2 diferentes algoritmos para geração de padrões de corte. Para isso, optou-se pelo software Scilab

(Scilab Enterprises, 2015), por se tratar de um aplicativo de licença livre e amplamente utilizado.

Aplicando o algoritmo de busca ordenada no problema real verificou-se que o algoritmo não foi capaz de percorrer todo o espaço de busca, pois fica concentrado nas primeiras peças, executando as combinações, não atingindo as últimas peças mesmo após várias horas de execução. Sendo assim, foi proposto um segundo algoritmo capaz de percorrer todo o espaço, mesmo que aleatoriamente, o qual foi chamado de “algoritmo de busca aleatória”, conforme mostrado no tópico a seguir.

5.1. Algoritmo de busca aleatória

O Algoritmo de busca aleatória teve a convenção de buscar por padrões de corte de forma aleatória. Neste algoritmo é iniciada a execução com a entrada de dados onde foi incluída a entrada para largura da serra e também do número máximo de peças a serem cortadas em um padrão.

O código para gerar padrões válidos segue os passos descritos a seguir:

Passo 1: Entrada: comprimento da barra padrão, comprimento de cada medida a ser cortada, quantidades, largura da serra, máximo de peças distintas a serem cortadas em um padrão.

Passo 2: Verificar o maior número possível da peça $p(i)$ a ser cortada em cada barra: número possível da peça $p(i) = (\text{Comprimento da barra}) / (\text{Medida da peça } p(i))$.

Passo 3: Arredondar para baixo (comando *floor*): $\text{floor } p(i) = \text{número possível da peça } p(i)$. Guardar esses resultados no vetor “QtdeMáx” que representa a quantidade máxima possível de ser cortada da peça do tipo “ i ” em uma barra padrão.

Passo 4: Gerar os padrões:

Passo 4.1: Gerar um vetor binário do tipo: [1 0 0 1 0 ...] onde “1” significa fazer e “0” significa não fazer, a peça do tipo “ i ”.

Passo 4.2: Gerar um vetor aleatório no intervalo [0, 1] da mesma dimensão do vetor gerado no passo 4.1, por exemplo: [0,76 0,09 0,85 0,5 0,08 ...]

Passo 4.3: Multiplicar elemento a elemento o vetor do passo 4.1 pelo do passo 4.2, obtendo um vetor que significa produzir ou não um certo percentual da peça do tipo “ i ”.

Nesse exemplo tem-se como resultado: [0,76 0 0 0,5 0 ...]

Passo 4.4: Multiplicar o vetor obtido no passo 4.3 pelo vetor de quantidades máximas (QtdeMáx) obtido no passo 2. Assim é obtido o percentual da quantidade máxima a ser cortado em um padrão de corte. Nesse exemplo, seria cortado 76% da quantidade máxima da peça 1 e 50% da quantidade máxima da peça 4.

Passo 4.5: Arredondar cada elemento do vetor para o inteiro mais próximo, obtendo-se assim um padrão de corte.

Passo 5: Validação do padrão de corte obtido:

Passo 5.1: Multiplicar cada quantidade obtida pelo comprimento de cada peça, obtendo-se o comprimento total a ser cortado. Por exemplo:

Padrão gerado: 5 0 0 1 0

Medidas das peças : 50 60 100 200 210

Nesse caso: têm-se:

$$(5 \times 50) + (0 \times 60) + (0 \times 100) + (1 \times 200) + (0 \times 210) = 450$$

Passo 5.2: calcular o desperdício de cada coluna padrão gerada

(Desperdício do padrão gerado) = (Comprimento da barra) – (Comprimento calculado no passo 5)

Nesse caso, se a barra padrão medisse 300 cm por exemplo, seria obtido:

(Desperdício do padrão gerado) = 300- 450

(Desperdício do padrão gerado) = -150

Passo 5.3: Teste de validação do padrão de corte

Executar o teste:

Se [(Desperdício do padrão gerado) \leq 0] E [(Desperdício do padrão gerado) \leq (número máximo de peças a serem cortadas em um padrão)]

Então:

Aproveita o padrão, ou seja, esse padrão será válido e será guardado na coluna i da matriz:

Padrão_Válido ($i \times j$)

Caso contrário: Volta ao passo 4.

Passo 6: Critério de parada: obtenção de uma quantidade pré-definida pelo usuário, de padrões válidos.

Passo 7: Saída de dados: Matriz Padrão_Válido ($i \times j$), gravada em um arquivo em formato “.txt”.

6. Modelo Matemático

Na formulação do modelo foi considerada a existência de estoques pequenos, utilizadas em algumas empresas, de modo a facilitar o atendimento a pedidos extras.

A seguir é apresentado o objetivo do modelo, parâmetros, variáveis de decisão e modelo matemático.

Objetivo do modelo: minimizar o desperdício de matéria prima (sobras de eletrodutos).

Parâmetros:

n : número de padrões de corte pré-definido pelo usuário;

D_i : Desperdício de matéria prima quando for utilizado o padrão de corte i ($i = 1, \dots, n$);

E_{ki} : Quantidade a ser cortada do eletroduto k no padrão i

$Q_{\min(k)}$: Demanda ou quantidade mínima a ser produzida do eletroduto k .

$Q_{\max(k)}$: Demanda ou quantidade máxima a ser produzida do eletroduto k .

Variáveis de decisão:

P_i : Quantidade a ser produzida do padrão de corte i ($i = 1, \dots, n$). (n : número de padrões de corte pré-definido pelo usuário)

Modelo Matemático:

Minimizar $D_1P_1 + D_2P_2 + D_3P_3 + \dots + D_nP_n$

Sujeito às restrições:

Demanda_Min_Eletroduto_1) $E_{11}P_1 + E_{12}P_2 + E_{13}P_3 + \dots + E_{1n}P_n \geq Q_{\min(1)}$

Demanda_Máx_Eletroduto_1) $E_{11}P_1 + E_{12}P_2 + E_{13}P_3 + \dots + E_{1n}P_n \leq Q_{\max(1)}$

Demanda_Min_Eletroduto_2) $E_{21}P_1 + E_{22}P_2 + E_{23}P_3 + \dots + E_{2n}P_n \geq Q_{\min(2)}$

Demanda_Máx_Eletroduto_2) $E_{21}P_1 + E_{22}P_2 + E_{23}P_3 + \dots + E_{2n}P_n \leq Q_{\max(2)}$

Demanda_Min_Eletroduto_3) $E_{31}P_1 + E_{32}P_2 + E_{33}P_3 + \dots + E_{3n}P_n \geq Q_{\min(3)}$

Demanda_Máx_Eletroduto_3) $E_{31}P_1 + E_{32}P_2 + E_{33}P_3 + \dots + E_{3n}P_n \leq Q_{\max(3)}$

⋮

Demanda_Min_Eletroduto_k) $E_{k1}P_1 + E_{k2}P_2 + E_{k3}P_3 + \dots + E_{kn}P_n \geq Q_{\min(k)}$

Demanda_Máx_Eletroduto_k) $E_{k1}P_1 + E_{k2}P_2 + E_{k3}P_3 + \dots + E_{kn}P_n \leq Q_{\max(k)}$

$P_1, \dots, P_n \in Z^+$

7. Planilha para Resolução do Modelo Matemático por meio da Ferramenta Solver

Após gerados os padrões de cortes por meio do Algoritmo de Busca Aleatória, os resultados devem ser transferidos para uma planilha de cálculo, conforme mostrado na Figura 3, a qual foi desenvolvida a partir das pesquisas realizadas nesse trabalho.

Para implementação dos padrões de corte e testes no modelo matemático gerado, foi utilizada o suplemento Solver do Microsoft Excel Bueno (2007). A ferramenta é de fácil utilização e por ser um suplemento do Excel, é facilmente encontrada em computadores pessoais, não necessitando da compra de novas licenças.

Figura 3 – Planilha de padrões

Objeto	Comprimento (mm)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Comprimento Eletroduto 1	255	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Eletroduto 2	1960	0	1	0	1	0	0	1	0
Comprimento Eletroduto 3	1130	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Eletroduto 4	1465	1	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Eletroduto 5	100	0	0	0	0	7	0	10	0
Comprimento Eletroduto 6	405	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Eletroduto 7	1000	0	1	0	0	0	0	0	0
Comprimento Eletroduto 8	1500	0	0	1	0	0	1	0	0
Comprimento Eletroduto 9	1455	0	0	0	0	0	1	0	1
Comprimento Eletroduto 10	735	1	0	2	0	2	0	0	2
Comprimento Eletroduto 11	705	1	0	0	0	1	0	0	0
Comprimento Eletroduto 12	515	0	0	0	0	0	0	0	0
Comprimento Eletroduto 13	510	0	0	0	2	0	0	0	0
Soma		2905	2960	2970	2980	2875	2955	2960	2925
Largura da Serra (mm)	Desperdício cortes	95	40	30	20	125	45	40	75
2,5	Desperdício Serra	7,5	5	7,5	7,5	25	5	27,5	7,5
----->	Sobra de material	87,50	35,00	22,50	12,50	100,00	40,00	12,50	67,50
Comprimento eletroduto(mm)									
3000									
Função Objetivo:	Desperdício (mm):	<input type="text" value="975"/>							

Fonte: O autor (2020)

Os dados (Parâmetros do modelo matemático): comprimento do eletroduto, largura da serra e comprimento de cada medida a ser cortada (eletroduto i), e a quantidade de cada eletroduto são informadas na planilha, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Interface da planilha

Entrada de dados			
Comprimento eletroduto (mm)	<input type="text" value="3000"/>		
Largura da Serra considerada (mm)	<input type="text" value="2,5"/>		
Comprimento Eletroduto 1 (mm)	<input type="text" value="255"/>	Quantidade eletroduto 1	<input type="text" value="6"/>
Comprimento Eletroduto 2 (mm)	<input type="text" value="1960"/>	Quantidade eletroduto 2	<input type="text" value="3"/>
Comprimento Eletroduto 3 (mm)	<input type="text" value="1130"/>	Quantidade eletroduto 3	<input type="text" value="1"/>
Comprimento Eletroduto 4 (mm)	<input type="text" value="1465"/>	Quantidade eletroduto 4	<input type="text" value="2"/>
Comprimento Eletroduto 5 (mm)	<input type="text" value="100"/>	Quantidade eletroduto 5	<input type="text" value="1"/>
Comprimento Eletroduto 6 (mm)	<input type="text" value="405"/>	Quantidade eletroduto 6	<input type="text" value="3"/>
Comprimento Eletroduto 7 (mm)	<input type="text" value="1000"/>	Quantidade eletroduto 7	<input type="text" value="18"/>
Comprimento Eletroduto 8 (mm)	<input type="text" value="1500"/>	Quantidade eletroduto 8	<input type="text" value="4"/>
Comprimento Eletroduto 9 (mm)	<input type="text" value="1455"/>	Quantidade eletroduto 9	<input type="text" value="1"/>
Comprimento Eletroduto 10 (mm)	<input type="text" value="735"/>	Quantidade eletroduto 10	<input type="text" value="2"/>
Comprimento Eletroduto 11 (mm)	<input type="text" value="705"/>	Quantidade eletroduto 11	<input type="text" value="4"/>
Comprimento Eletroduto 12 (mm)	<input type="text" value="515"/>	Quantidade eletroduto 12	<input type="text" value="1"/>
Comprimento Eletroduto 13 (mm)	<input type="text" value="510"/>	Quantidade eletroduto 13	<input type="text" value="1"/>

Fonte: O autor (2020)

As variáveis calculadas pelo Solver são mostradas na Figura 5.

Figura 5 – Resultados apresentados pelo Solver

Variáveis de decisão	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
	0	0	0	3	0	0	0	0

Restrições:	Qtde produzida	Demanda
Qtde Mínima de eletroduto 1	6	6
Qtde Máxima de eletroduto 1	6	6
Qtde Mínima de Eletroduto 2	3	3
Qtde Máxima de eletroduto 2	3	3
Qtde Mínima de eletroduto 3	1	1
Qtde Máxima de eletroduto 3	1	1
Qtde Mínima de eletroduto 4	2	2
Qtde Máxima de eletroduto 4	2	2
Qtde Mínima de eletroduto 5	0	1
Qtde Máxima de eletroduto 5	0	1

Fonte: O autor (2020)

8. Conclusão

Geralmente processos que envolvem cortes são caracterizados pela grande ocorrência de perdas ocasionadas pela sobra de material. A busca pela minimização dessas perdas é uma tarefa constante, e exige um complexo arranjo de combinações possíveis de padrões de corte, o que muitas vezes, na prática, é realizado de forma arbitrária, sem utilização de métodos científicos.

O modelo de otimização aqui proposto pode ser utilizado para diversas categorias de problemas que envolvem cortes unidimensionais como, por exemplo, no corte de barras, bobinas, perfis, tubos, entre outros, o que justifica a importância do desenvolvimento desta pesquisa. O algoritmo final executado neste trabalho foi específico, mas pode ser uma referência para outros estudos de caso.

No procedimento atual de especificação de material para cada projeto, esse pode estar suscetível a erros no processo de cortes do eletroduto executado na obra, podendo gerar perdas desnecessárias de material, ou até mesmo a falta de material devido à sequência de cortes inapropriada. Além disso, o procedimento não considera a largura da serra como desperdício do corte, apesar de o procedimento atual utilizar 20% de coeficiente de segurança, o que não evita a eliminação de erro nos cortes.

O algoritmo de busca aleatória mostrou-se eficiente na geração de padrões de cortes. O algoritmo permite ainda delimitar critérios de paradas como tempo de execução ou número de padrões encontrados.

Fazendo uma comparação entre o procedimento atual utilizado na empresa e o procedimento proposto com o algoritmo, foi identificada uma redução possível de matéria prima de aproximadamente 1,7%. Foram analisados outros casos que puderam chegar a mais de 5%, dependendo dos padrões encontrados.

Essa implementação vem a agregar na qualidade da informação repassada ao operador em obra, trazendo mais confiabilidade, buscando assim um processo de corte robusto, evitando perdas desnecessárias.

Referências

AGUILAR, Luis Joyanes. **Fundamentos de programação: Algoritmos, Estruturas de dados e objetos.** São Paulo: Mcgraw-hill, 2008. 690 p.

ARENALES, M. *et al.* **Pesquisa Operacional**. 4ª reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

BORATTI, Isaias Camilo; OLIVEIRA, Álvaro Borges de. **Introdução à Programação Algoritmos**. 3. ed. Florianópolis: Visual Books, 2007. 158 p.

BUENO, Fabrício. **Otimização gerencial com EXCEL**. Florianópolis: Visual Books, 2007. 136 p.

CUNHA, R.R. M.; DIAS, A. **Algoritmo de otimização de corte unidimensional análise de dados**, Anais, XV Congresso brasileiro de engenharia mecânica, 10 p., 1999.

FORBELLONE, André Luiz Villar; EBERSPÄCHER, Henri Frederico. **Lógica de programação: A construção de algoritmos e estruturas de dados**. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 218 p.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. C. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005

OLIVEIRA, B.; SALVADOR, R.; SILVA, V. M. D. **Otimização do Problema de Corte Unidimensional: Um Estudo de Caso na Indústria Papeleira**. Anais: EEPA, Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 7, Campo Mourão- PR, 2013.

SCILAB ENTERPRISES. **Scilab: About Scilab**. 2015. Disponível em: <<http://www.scilab.org/scilab/about>>. Acesso em: 07 set. 2016.

SILVEIRA JÚNIOR, J. A.; PINHEIRO, P. R.; THOMAZ, A. C. F. **Otimização das Perdas em Cortes Guilhotinados para Bobinas de Aço na Indústria Metalmeccânica**, Anais, SBPO: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 36 p. 1759 – 1770, 2004.

WAVRZYNCZAK, Hione Cleder; ULBRICHT, Gerson; TEIXEIRA, Edson Sidnei Maciel. **Modelo matemático para cortes de barras de aço no processo de fabricação de triângulos**. Holos, [s.l.], v. 8, p.252-261, 13 jan. 2016. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2015>.