



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

PLANIFICAÇÃO DE SUPERFÍCIES: APLICAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO NO ENSINO DE ENGENHARIA

Rosana Maria Luvezute Kripka - rkripka@upf.br

Neuza Terezinha Oro - neuza@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Exatas e Geociências.

Campus1 –Km171 –BR 285 - Bairro São José - Caixa Postal 611

99001-970 – Passo Fundo - RS

Nilson Luiz Maziero - nlm@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura.

Campus1 –Km171 –BR 285 - Bairro São José - Caixa Postal 611

99001-970 – Passo Fundo - RS

***Resumo:** O processo tradicional de planificação, geralmente, é ensinado em disciplinas de cursos de engenharia mecânica, onde são apresentados conceitos de geometria descritiva. São utilizados conceitos matemáticos que fundamentam o processo de planificação para que o mesmo seja realizado de forma coerente e com maior precisão possível, uma vez que a construção do desenho de planificação depende da precisão dos instrumentos utilizados para realizá-lo. Foi desenvolvido, na Universidade de Passo Fundo (UPF), um modelo matemático que representa as relações existentes entre conceitos de geometria descritiva, utilizados no processo tradicional de planificação, e conceitos de geometria analítica e trigonometria correspondentes. Apresenta-se, nesse artigo, um aplicativo que realiza a planificação de superfícies de maneira automática e precisa, que pode ser utilizado tanto na fabricação de peças mais comumente construídas no ramo da indústria metalúrgica, como no processo de ensino-aprendizagem, na forma de ferramenta de apoio na resolução de problemas teóricos de planificação de superfícies. A resolução da planificação é genérica, desde que a peça, que se deseja planificar, esteja descrita espacialmente, de acordo com a posição de pontos ordenados que definam suas bases, os quais são gerados de forma específica para cada situação, levando em consideração somente informações básicas da peça.*

***Palavras-chave:** Planificação de Superfícies, Ensino-Aprendizagem, AUTOCAD.*

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da superfície de uma peça a ser construída é de suma importância na indústria de caldeiraria, já que as peças utilizadas neste ramo são geralmente de grande porte e das mais variadas formas e dimensões, tais como tubulações de usinas hidroelétricas, ventiladores industriais, etc. Dessa forma, é importante que a tarefa de desenvolvê-las seja realizado de modo rápido e preciso.

O processo manual de planificação de superfícies é ensinado tradicionalmente em disciplinas de cursos de engenharia mecânica, onde são utilizados apenas conceitos de geometria descritiva e a planificação é construída através de desenhos. Assim, o processo manual é lento e pouco preciso, pois a precisão depende muito da habilidade do desenhista.

Acredita-se que a construção manual é importante no processo de ensino-aprendizagem para compreensão do processo de planificação, bem como para análise de resultados obtidos.

Com o advento dos microcomputadores, praticamente qualquer universidade ou empresa tem ao seu dispor equipamento necessário para automatizar, via software, a tarefa de desenvolver a planificação de superfícies de tubulações. Dessa forma, este artigo aborda a aplicação de um algoritmo desenvolvido por KRIPKA ET AL. (2001) que faz uma generalização da resolução da planificação da superfície lateral de peças que possuem bases de forma circular, polígono regular, ou ambas, as quais podem ser paralelas ou não.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um dos desafios da educação, em qualquer área, consiste em construir condições para o aluno desenvolva a capacidade de aprender a aprender (DEMO, 1996).

Nesse contexto, uma estratégia atualmente utilizada, visando vencer esse desafio, é a introdução da modelagem matemática como metodologia de ensino (SOARES E PINTO, 2005; MÜHL ET AL., 2005; BASSANEZI, 2002)

CURY (2001) sugere a inclusão da modelagem matemática como “metodologia adequada ao desenvolvimento da habilidade de formular e resolver problemas” (2001, p.1), com intuito de desenvolver competências e habilidades necessárias ao futuro engenheiro, segundo as novas diretrizes curriculares da engenharia, aprovadas pelo MEC.

GIORGETTI (2001) também apresenta um relato sobre a experiência e importância da inclusão da modelagem matemática presente resolução de problemas reais aplicados no ensino de engenharia.

KRIPKA ET AL. (2001) apresentam o desenvolvimento de um algoritmo, obtido através da modelagem matemática do problema de planificação de superfícies de corpos cilíndricos e cônicos, utilizando-se para isso do método de triangulação. A partir do sólido modelado em 3D, é mapeada a superfície pelo método de triangulação para obter a planificação da superfície do sólido. A planificação obtida também utiliza o método de triangulação para calcular a posição dos pontos no plano. O algoritmo elaborado executa a planificação de forma genérica. Uma vez calculada as coordenadas espaciais que definem a superfície lateral da peça a ser planificada, de forma ordenada, o processo de planificação realizado é o mesmo para qualquer superfície lateral considerada. Observa-se que a principal diferença do método proposto e os demais existentes está efetivamente no processo de planificação. O método proposto consiste na planificação de pontos, realizando a transformação de pontos do espaço para o plano. Os demais métodos existentes (PERTENCE (2001); RAJ(1995); ARAÚJO (1976); COOKSON (1964); LOBJOIS (1977); CASTRO (1991)), trabalham com procedimentos de planificação específicos para peças específicas. O algoritmo foi implementado, resultando num software que foi denominado por “Planificação de Superfícies”.

Pelas características da elaboração do software, ele pode ser utilizado tanto como exemplo de aplicação da modelagem matemática no ensino de disciplinas de engenharia, como um aplicativo eficiente na construção de peças reais da indústria metalúrgica.

PERTENCE (2000) apresenta a implementação de um software didático em linguagem Visual Basic que permite obter a planificação de sólidos. Para isso, ele determina expressões matemáticas que resultam da análise das projeções de primitivas básicas tais como cilindros e cones, obtendo-se equações correspondentes às coordenadas nas direções x e y das bases superior e inferior e da superfície lateral.

RAJ (1995) apresenta o desenvolvimento de um algoritmo para planificação de superfícies para dutos complexos, onde desenvolve a solução para o caso do caracol de uma turbina tipo Francis, utilizando como base de modelagem as seções dos dutos.

Os métodos de desenvolvimento manual são apresentados em ARAÚJO (1976), COOKSON (1964), LOBJOIS (1977). Já CASTRO (1991) apresenta conceitos matemáticos para solução de planificação de superfícies de peças cilíndricas e cônicas que possuem interseção.

Existe também o software comercial CALDSOFT (2003), que permite executar a planificação da superfície de peças predefinidas no sistema. O mesmo não permite a obtenção da planificação de uma peça que possa ser criada a partir de novas definições, ou seja, a partir de uma peça modelada em 3D obter a sua planificação.

A relevância desse trabalho consiste em apresentar um aplicativo computacional, desenvolvido pelos autores desse artigo, onde se utiliza a modelagem matemática de peças, para obtenção de coordenadas espaciais e planificadas, que permite realizar a planificação de superfícies laterais de maneira automatizada. O aplicativo apresentado pode ser utilizado tanto na fabricação de peças mais comumente construídas no ramo da caldeiraria industrial, como no processo de ensino-aprendizagem, na forma de ferramenta de apoio na resolução de problemas teóricos de planificação de superfícies.

3. METODOLOGIA

O aplicativo desenvolvido possui duas opções para o usuário escolher a forma de especificar a tubulação que se quer planificar.

A primeira opção consiste em disponibilizar, de modo rápido, as peças mais utilizadas. Assim, o usuário possui ao seu dispor peças básicas, tais como cilindro, cone, prismas, pirâmides, etc., que são modeladas de acordo com suas características básicas, tais como altura, raio, aresta, etc., não exigindo, assim, grandes conhecimentos por parte do usuário, para se obter a planificação da peça desejada. Assim, cada peça específica disponível no sistema, é modelada em 3D, separadamente, para a identificação e análise da forma do sólido. Para as tubulações em questão, não é necessário proceder nenhuma espécie de modelamento por parte do usuário, simplesmente basta solicitar o tipo de tubulação e informar as dimensões básicas necessárias.

A outra opção consiste em definir pelo usuário a tubulação específica que se deseja planificar. Para isso o sistema permite, por exemplo, criar uma tubulação a partir de duas seções circulares no espaço. Deste modo, o usuário tem a flexibilidade de criar formas que não estejam definidas no sistema básico, como representar cilindros ou cones oblíquos.

Nas duas opções oferecidas pelo aplicativo, as bases são representadas independentemente por conjuntos de pontos, o que permite inicialmente modelar em 3D a tubulação resultante através destes conjuntos de pontos.

Uma vez realizada a modelagem espacial da peça, aplica-se o algoritmo apresentado por KRIPKA ET AL. (2001), para resolver o problema da planificação.

O algoritmo genérico de planificação, com simplificações, é apresentado a seguir, onde pode ser observado que, no modelo matemático desenvolvido, foram aplicados conceitos de geometria analítica, descritiva e trigonometria.

Algoritmo Planificação de Superfície:

Início

Faça a Leitura de Dados

Início

Escolha uma opção.

Caso as bases sejam circulares

Calcule n

Caso as bases sejam polígonos regulares

Calcule raio(s) R e r definido(s) pelo(s) ângulo(s)

Fim de Faça a Leitura de Dados

Calcule as Coordenadas no Espaço

Início

Para $i=1, \dots, n+1$ faça

$$\alpha_i = (i-1) * \left(\frac{2\pi}{n} \right)$$

$$\overline{P_{2i-1}} = (R \cos(\alpha_i), R \sin(\alpha_i), 0) ;$$

$$\overline{P_{2i}} = (r \cos(\alpha_i) + dx, r \sin(\alpha_i) + dy, h)$$

Fim de Calcule as Coordenadas no Espaço

Cálculo as Geratrizes

Início

Para $i=1, \dots, n+1$ faça

$$G_i = d(\overline{P_{2i-1}}, \overline{P_{2i}}) \text{ e}$$

$$D_i = d(\overline{P_{2i}}, \overline{P_{2i+1}}),$$

fim de Calcule as Geratrizes

Faça a Planificação da Superfície Lateral

Início

$$P_1 = (0,0)$$

$$P_2 = (0, G_1)$$

Para $i=1, \dots, n+1$ faça

Início do para

$$ci = d(\overline{P_{2i-1}}, \overline{P_{2i+1}})$$

$$d(\overline{P_{2i}}, \overline{P_{2i+1}}) = D_i$$

$$d(\overline{P_{2i-1}}, \overline{P_{2i+1}}) = ci$$

$$p = \frac{(D_i + G_i + ci)}{2}$$

$$\sqrt{p(p - D_i)(p - G_i)(p - ci)} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_{2i-1} & y_{2i-1} & 1 \\ x_{2i+1} & y_{2i+1} & 1 \\ x_{2i} & y_{2i} & 1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 cs &= d(\overline{P_{2i}}, \overline{P_{2i+2}}) \\
 d(P_{2i+1}, P_{2i+2}) &= G_{i+1} \\
 d(P_{2i}, P_{2i+2}) &= cs \\
 p &= \frac{(D_i + G_{i+1} + cs)}{2} \\
 \sqrt{p(p - D_i)(p - G_{i+1})(p - cs)} &= \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_{2i} & y_{2i} & 1 \\ x_{2i+1} & y_{2i+1} & 1 \\ x_{2i+2} & y_{2i+2} & 1 \end{vmatrix}
 \end{aligned}$$

fim do para

Fim de Faça a Planificação da Superfície Lateral

Faça o Desenho da planificação

Fim do Programa Principal

A implementação do algoritmo é realizada com a utilização do software de CAD, AUTOCAD (1992), sendo a programação em linguagem C/C++ no ambiente ADS (PERRY,1994).

Cada nova tubulação solicitada pelo usuário, é gerada em uma nova camada (*layer*) automaticamente. Para uma melhor visualização, o usuário pode solicitar a representação do sólido em 3D.

O sistema também propicia a obtenção de peças que possuem bases não circulares, desde que as bases sejam polígonos regulares.

Além das representações gráficas, a aplicação permite determinar o peso da peça.

Como o sistema é integrado ao CAD, as funções mover, copiar, rotacionar, etc., podem ser utilizadas para manusear os resultados gráficos, permitindo obter a disposição das peças sobre a chapa a ser cortada.

4. IMPLEMENTAÇÃO.

A implementação foi realizada de duas formas: obtenção da planificação a partir de uma peça predefinida (cilindro, cone, tronco de cone, tee, etc.); a partir da definição das bases circulares ou poligonais regulares numa determinada posição do espaço.

Com peças predefinidas, primeiramente é feita a modelagem em 3D dos sólidos desejados, para se obter um conjunto de pontos que representam o sólido. No caso de base circular, o número de pontos deste conjunto é definido em função da precisão desejada da curvatura da base.

De posse destes pontos, os mesmos são aplicados no algoritmo de planificação, obtendo-se a transposição da superfície da peça do espaço para o plano.

Inicialmente foram selecionadas as peças mais utilizadas em caldeiraria para a referida aplicação.

4.1 Interface com o Usuário.

A interface com o usuário é feita com a utilização do AutoCAD, sendo a tela configurada de modo a apresentar opções específicas para a planificação. Porém, opções como: escolher a tubulação disponível para a obtenção da planificação, gerar uma tubulação com bases

circulares onde as posições das mesmas são determinadas pelo usuário e representar a tubulação em 3D, não utilizam os recursos de modelagem 3D do AutoCAD.

Para a visualização dos resultados, é possível obter vistas frontal, superior, e lateral do objeto, assim como uma visão isométrica.

Outras opções disponíveis são as propriedades da planificação, as quais permitem obter o peso da peça planificada, bem como gerar a trajetória (coordenadas) para o programa CNC que poderá ser utilizado em máquinas computadorizadas de corte a laser, chama, etc.

4.2 Modelagem em 3D de Tubulações

A modelagem em 3D consiste em determinar uma quantidade de pontos que permita uma identificação e representação adequada da tubulação em questão.

No presente caso, são admitidas somente peças que possuem como base seções circulares, polígonos regulares, ou ambas simultaneamente, onde o processo de definição e representação em 3D são semelhantes.

No caso da base ser circular, o princípio utilizado é o de dividir uma circunferência num determinado número de partes, de modo que o comprimento da corda seja muito próximo do comprimento do arco de circunferência definido. Desta forma, pode-se assumir um determinado valor aceitável como sendo o erro, que é a diferença entre os comprimentos da corda AB e o arco AB (ver Figura 1).

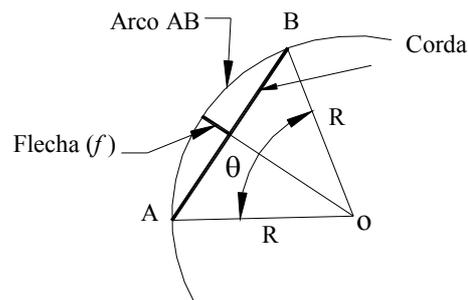


Figura 1 – Parâmetros para cálculo das divisões.

Quanto menor a diferença entre o comprimento do arco AB e o comprimento da corda AB, maior será a precisão da peça obtida, e conseqüentemente maior será a quantidade de pontos necessária para representar a seção da peça. Este número de pontos pode ser obtido em função da flecha (f) (ver Figura 1) que ocorre em função da curvatura. Este valor (f) é fornecido pelo usuário e permite a determinação do ângulo θ , que é calculado na equação (1):

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{R - f}{R}\right) \quad (1)$$

onde:

θ : ângulo formado pelo triângulo AOB, conforme Figura 1,

R : raio da circunferência e

f : flecha considerada no problema.

Conhecendo-se θ , pode-se determinar qual deve ser o número de divisões (N) (equação (2)) mais adequado para a circunferência, que deve ser um número inteiro e par, para facilitar o processo de planificação, que é calculado inicialmente por:

$$N = \frac{2\pi}{\theta} \quad (2)$$

Caso o valor de N não seja um número par, assume-se para N a parte inteira do número calculado mais uma unidade, ou seja, o próximo número par maior que o valor calculado.

No caso da base ser poligonal, o princípio utilizado é o de dividir a circunferência, no qual o polígono estará inscrito, num número de partes igual ao número de vértices do mesmo.

4.2.1 Caso Particular

Esta análise é feita numa peça denominada de TEE, a qual é resultante da interseção ortogonal de dois cilindros, um denominado de vertical e outro horizontal (ver Figura 2).

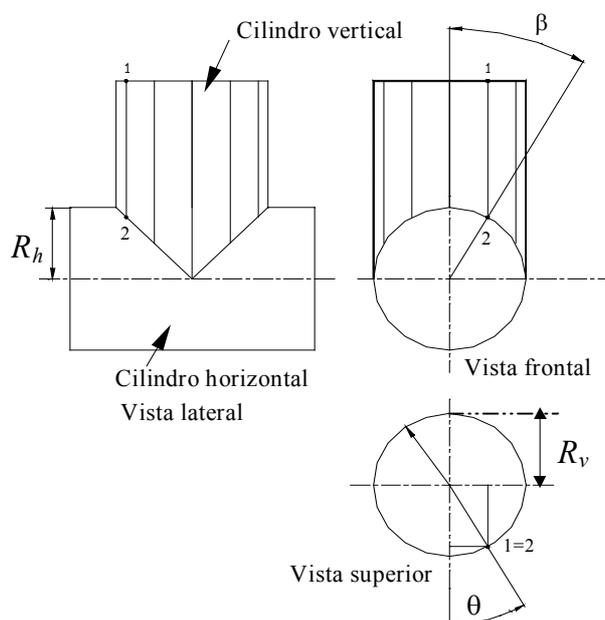


Figura 2 – Representação do TEE.

A solução consiste em marcar as geratrizes do cilindro vertical, espaçadas igualmente, de modo a obter uma solução modular. Estas geratrizes interseccionam o cilindro horizontal de modo a definir os pontos de interseção entre as duas superfícies cilíndricas, resultando na linha de interseção (ver Figura 2).

Conhecida a divisão executada na vista superior do cilindro vertical (ver Figura 2), é possível identificar as geratrizes na vista frontal, que no caso em análise, corresponde a geratriz entre os pontos 1 e 2.

Na vista superior, tem-se a posição do ponto 1 que é definido pelo raio e pelo ângulo θ , permitindo determinar as coordenadas x e y dos pontos 1 e 2.

Definindo as coordenadas do ponto 1 como $(\overline{x}_1, \overline{y}_1, \overline{z}_1)$ e do ponto 2 como $(\overline{x}_2, \overline{y}_2, \overline{z}_2)$, tem-se:

$$\overline{x}_1 = \overline{x}_2 = R_v \cdot \text{sen } \theta \quad (3)$$

$$\overline{y}_1 = \overline{y}_2 = R_v \cdot \text{cos } \theta \quad (4)$$

onde:

θ : calculado pela equação (2);

N : número de divisões da circunferência e
 R_v : raio da base do cilindro vertical.

Para determinar as cotas dos respectivos pontos, tem-se:

$$\overline{z_1} = h \quad (5)$$

$$\overline{z_2} = R_h \cos \beta \quad (6)$$

onde:

R_h : raio da base do cilindro horizontal e

$$\beta = \arcsen \left(\frac{\overline{x_1}}{R_h} \right)$$

Deste modo, são determinados dois conjuntos de pontos, um que define a interseção, e outro conjunto que define a base superior do cilindro vertical, onde a cada variação de θ , resulta num novo valor de β .

Com a união dos pontos de índice ímpares, de uma das bases, com pontos consecutivos de índice pares, da outra base, tais como a união dos pontos 1 e 2, ilustrada na Figura 2, obtém-se uma superfície formada por trapézios, sendo que ao se unir vértices opostos destes obtém-se triângulos, os quais permitem a resolução da planificação. Com a união destes pontos, de forma adequada, é possível efetuar a triangulação da superfície, conseqüentemente a planificação e a geração da tubulação em 3D, não sendo necessário utilizar-se dos recursos de modelagem do AutoCAD. Para a modelagem do cilindro horizontal, o processo é feito de forma semelhante.

4.3 Representação em 3D

A representação em 3D é feita com a utilização dos pontos definidos na modelagem, e de acordo com a seqüência em que foram feitos, e desenhadas as linhas que representam o sólido, utilizando-se dos recursos de desenho em 3D, ou seja, posicionando as referências de acordo com o 3D do AutoCAD. Deste modo o usuário tem uma visão tridimensional do objeto (ver Figura 6).

4.4 Obtenção da Planificação

Uma vez conhecida as coordenadas espaciais dos pontos que definem a peça a ser planificada, a planificação da superfície lateral da peça é realizada conforme o algoritmo desenvolvido por KRIPKA ET AL. (2001), resultando assim, uma superfície plana delimitada por segmentos de retas, que unem os pontos planificados calculados (ver Figuras 5, 6, 7 e 8). No caso das bases serem circulares, quanto maior a quantidade de pontos definida no modelo 3D (nas seções) maior será a precisão da planificação.

A planificação de peças como o Y, o Tee, a curva em gomos, etc., é realizada em partes. Nesse caso, para cada peça, a planificação das partes deve ser realizada de acordo com a escolha de opções apresentadas pelo programa, as quais aparecem assinaladas de forma individualizada no menu de opções (ver Figuras 3 e 4).

4.5 Cálculo do Peso da Peça

De posse da planificação, da qual são conhecidos todos os pontos, é possível, com a aplicação do cálculo do determinante, calcular a área da figura fechada formada pelo conjunto de pontos que formam a superfície lateral da peça planificada. A medida da área multiplicada pela espessura da chapa utilizada fornece o valor do volume da peça.

O peso da chapa, que depois de dobrada resultará na peça, é obtido pela multiplicação do volume da peça calculado pelo peso específico do material, ou seja:

$$peso = \frac{1}{2} \cdot e \cdot \gamma \cdot \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \\ x_1 & y_1 \end{vmatrix} \quad (7)$$

onde:

(x_i, y_i) : coordenadas dos vértices que unem segmentos de retas que delimitam a superfície planificada, com $i = 1, \dots, n$.

e : espessura da chapa utilizada, e

γ : peso específico do material da chapa.

Deste modo, é possível determinar o peso total dos componentes utilizados, bem como auxiliar para determinação dos custos com relação aos materiais.

4.6 Geração da Trajetória de Corte

Com a utilização de máquinas CNC, é necessário gerar um programa no formato CN para que a máquina possa entender o contorno da peça e possa então efetuar o corte automático.

Para isso, há uma função que permite gerar um arquivo no formato CN (.txt) de modo os dados sejam transferidos para a máquina CNC com as respectivas informações. Este arquivo é gerado automaticamente a partir do desenho obtido.

5. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO.

Aqui são apresentados dois exemplos de peças, através das duas opções disponíveis.

O primeiro caso mostra a obtenção da planificação de uma peça, a partir de peças disponíveis no sistema.

No menu de opções do sistema, pode ser escolhida a opção TEE reto, no qual aparecem as partes específicas a serem planificadas como opções (ver Figura 3).

Uma vez escolhida a peça a ser planificada, o software permite especificar as dimensões da tubulação. (ver Figuras 3 e 4).

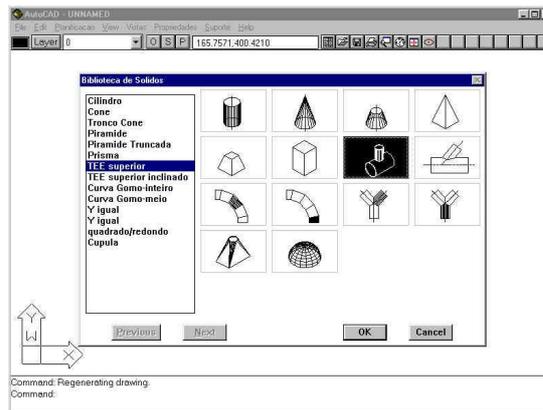


Figura 3 – Quadro de apresentação das peças disponíveis.

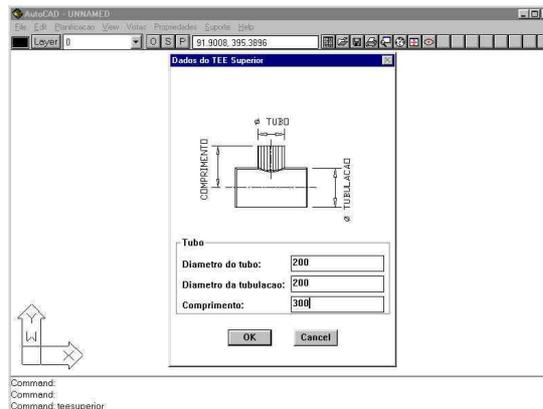


Figura 4 – Definição de parâmetros dimensionais.

Como resultado da planificação da tubulação TEE, parte vertical, a Figura 5 mostra a superfície planificada e a superfície com os triângulos resultantes do processo. As linhas internas podem ser eliminadas no caso de uma aplicação real.

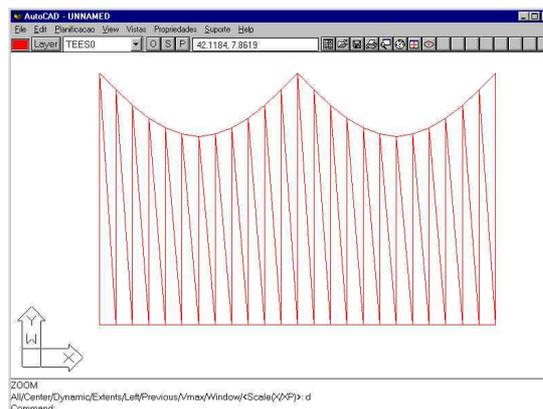


Figura 5 – Planificação do cilindro vertical do TEE.

Como resultado final, pode-se obter a tubulação em 3D, conforme a Figura 6.

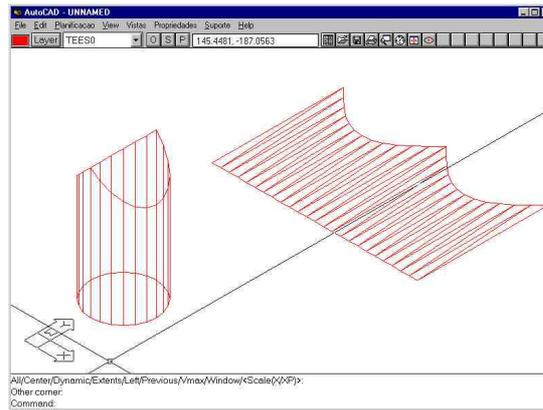


Figura 6 – Peça em 3D e a planificação (visão isométrica).

No segundo exemplo, mostra-se a opção de realizar a planificação de uma peça que não está pré-definida no sistema, onde se utiliza o princípio de definir, inicialmente, as posições das bases da tubulação a ser planificada. Para esta aplicação, é necessário definir o diâmetro da seção superior e a respectiva posição das coordenadas do centro $(\bar{x}_c, \bar{y}_c, \bar{z}_c)$; em seguida definir o diâmetro seção inferior e também suas respectivas coordenadas do centro. A partir destes dados o software pode executar a planificação e a visualização da tubulação em 3D. (ver Figura 7).

Esta aplicação permite a execução de tubulações que não são padrões do sistema, permitindo maior flexibilidade.

Com o uso das funções disponíveis no AutoCAD, é possível manusear a planificação resultante, permitindo ao usuário movê-la para efetuar análise da disposição da planificação sobre a chapa a ser recortada (ver Figura 8).

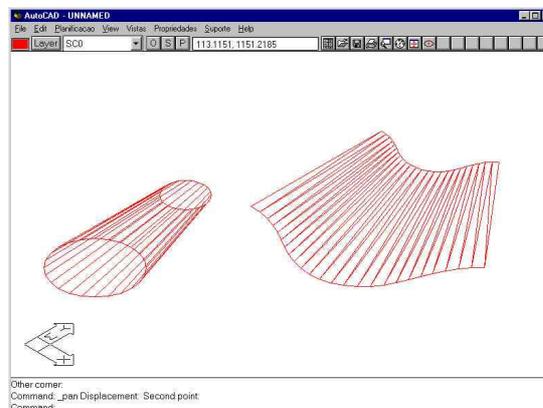


Figura 7 – Planificação e modelo 3D de uma tubulação tronco cônica oblíqua definida pelas bases (visão isométrica).

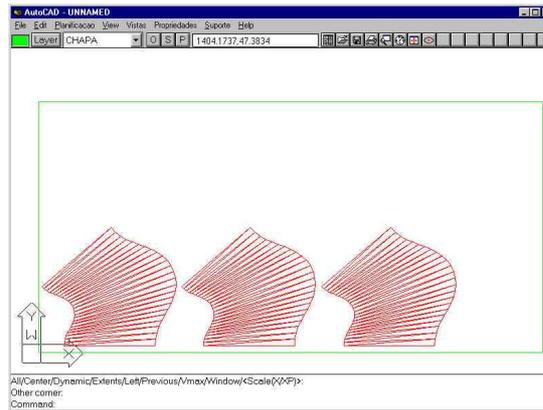


Figura 8 – Disposição para o corte.

6. CONCLUSÕES.

A utilização do método, descrito no artigo, no traçado automático do contorno da superfície planificada torna o processo mais rápido e preciso quando comparado ao método tradicional feito manualmente.

Os resultados apresentados mostram que o software “Planificação de Superfícies” desenvolvido, permite ao usuário flexibilidade de criar formas que não estejam definidas no sistema básico, especificamente formas que representam seções de peças com interseção. Dessa forma, é possível a planificação de peças mais complexas sem a necessidade de se desenvolver novo processo de planificação. Além disso, com a utilização desta metodologia, é possível obter o modelo 3D da peça, armazenar as informações e manipulá-las de acordo com a necessidade.

Outro ponto positivo, com relação ao usuário, é a facilidade em operar o sistema, pois sendo a plataforma de um sistema comercial, com o qual o mesmo já está familiarizado, tornando-se muito rápido o seu aprendizado.

Do ponto de vista de ensino-aprendizagem, o presente trabalho permite vislumbrar aplicação prática de conceitos matemáticos presentes no ensino básico nos semestres iniciais dos cursos de engenharia, onde muitas vezes os alunos questionam sobre a aplicabilidade dos conceitos estudados, permitindo diminuir o distanciamento entre conceitos teóricos trabalhados em sala de aula e a resolução de problemas práticos com auxílio desses instrumentais.

Do ponto de vista prático, a utilização do aplicativo na indústria, torna o processo de planificação mais eficiente e preciso e, além disso, pode ser realizado por usuários que não tenham necessariamente conhecimento específico de Geometria Descritiva, pois para gerar a superfície planificada basta que o mesmo informe apenas características básicas da peça que deseja fabricar.

7. AGRADECIMENTOS.

A Universidade de Passo Fundo, pelo apoio ao projeto de pesquisa em desenvolvimento junto ao Instituto de Ciências Exatas e Geociências e Faculdade de Engenharia e Arquitetura.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Araújo, E. C. **Curso Técnico de Caldeiraria**. São Paulo: Hemus, 1976.
- AUTODESK INC. **AutoCAD Development System: programmer's reference**. Manual. 1. ed. USA : AutoDESK, 1992.
- Bassanezi, R. **Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia**. São Paulo: Contexto, 2002, 389 p.
- CALDSOft: software comercial para planificações em caldeiraria industrial. Disponível em: <<http://www.caldsoft.com.br/cald/>>. Acesso em: 02 abril 2003
- Castro, M. M. **O Método Analítico para Planificação de Interseções entre Superfícies Cilíndricas e Cônicas**. Niterói: Universidade Federal Fluminense EDUFF, 1991. v. 1 e 2, 628 p.
- Cookson, W. **New Methods for Sheet Metal Work**. Londres: The Technical Press, 1964. 227 p.
- Cury, H. N. Diretrizes curriculares para os cursos de engenharia e disciplinas matemáticas: opções metodológicas, **Revista de Ensino de Engenharia**, vol.20, n.2, p.1-7, dez., 2001.
- Demo, P. **Educação e Qualidade**. Campinas: Papyrus, 1996.
- Giorgetti, Marcius F. Mathematical Simulation of Engineering Problems: on the art of formulation of mathematical models, **Frontiers in Education Conference (FIE-2001)**, Reno, Nevada, USA, outubro de 2001.
- Kripka, R. M. L.; Oro, N. T.; Maziero, N. L. Um processo analítico para planificação da superfície lateral de sólidos de bases circulares ou polígonos regulares. **Ciência & Engenharia**, Uberlândia, MG, Brazil, v. 10, n. 1, p. 76-83, 2001
- Lobjois, CH. **Desenvolvimento de Chapas**. São Paulo: Hemus, 1977, 309p.
- Mühl, V.J.L.; Kripka, R. M. L. ; Giareta, M. K ; Oro, N.T. ; Betencourt, M. F. B. ; Marcolan, A. C. ; Santos, D. L. . A modelagem matemática como metodologia de ensino. **Espaço Pedagógico**, Passo Fundo - RS / Brasil, v. 11, n. 2, p. 81-91, 2004.
- Perry, Greg. **Programação orientada para objeto com turbo C++**. Rio de Janeiro : Berkeley, 1994.
- Pertence, A. E, de Mello Júnior, L. M. L. Desenvolvimento de um programa didático para cálculo automatizado do processo de planificação de superfícies. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.19, n.1, p.11-17, 2000.
- Raj, S. V. P. Evolution of Generic Mathematical Models and Algorithms for the Surface Development and Manufacture of Complex Ducts. **Journal of Engineering for Industry, ASME**, v.117, p.177-185, maio 1995.
- Pinto, N. B., Soares, M. T. C., Metodologia da resolução de problemas. In: **24ª Reunião anual da ANPED**, Caxambú/MG, 2001.

SURFACE UNFOLDING PROCESS: APPLICATION OF A MATHEMATICAL MODEL IN THE ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *The traditional process of surface unfolding, generally, is taught in Mechanical Engineering's courses, where concepts of descriptive geometry are presented. Mathematical concepts are used to define the traditional process of surface unfolding, so that it is executed correctly, with higher precision possible, once that construction of the surface unfolding drawing depends on the precision of the used instruments. It was developed, at University of*

Passo Fundo (UPF), a mathematical model to represent the existing relations between concepts of descriptive geometry, used in the traditional process of surface unfolding, and concepts of corresponding analytical geometry and trigonometry. It is presented, in this article, a software to solve the surface unfolding automatically, with precision, that can be used in the fabrication of basic solids of the metallurgic industry, as in the teach-learning process, as tool of support in the resolution of fictitious problems of surfaces unfolding. The resolution of the surface unfolding is generic for solids that are described in the space, considering the position of orderly points that they define its bases, where only some characteristics of the solid are necessary.

Key-words : *Surface unfolding process, teach-learning, AUTOCAD.*