

PLANIFICA: UM PROTÓTIPO DE SOFTWARE DE PLANIFICAÇÃO DE SUPERFÍCIES

Nilson Luiz Maziero

nlm@upf.tche.br

Faculdade de Engenharia e Arquitetura – FEAR - Universidade de Passo Fundo – UPF. Campus Bairro São José – Cx. Postal 611 - Passo Fundo – RS/BR

Neusa Terezinha Oro

neuza@upf.br

Rosana Maria Luvezute Kripka

rkripka@upf.br

Instituto de Ciências Exatas e Geociências – ICEG - Universidade de Passo Fundo – UPF - Campus Bairro São José – Cx. Postal 611 - Passo Fundo – RS/BR

***Resumo.** Este artigo apresenta a implementação de um protótipo de software de planificação de superfícies. A implementação foi realizada sobre a plataforma de um software de CAD comercial. Peças básicas são predefinidas no aplicativo, como cilindro, cone, transição de quadrado para redondo, etc., que podem ser representadas em 3D, e obtida a planificação da superfície lateral. O seccionamento de uma peça por um plano pode ser realizado, resultando numa nova peça, que pode ser seccionada para obtenção de outra peça, como pode ser obtida a planificação de qualquer uma das peças seccionadas anteriormente. Também pode ser obtida a intersecção entre peças e obtida planificação. A solução aplicada para a planificação é genérica. A aplicação é feita para peças de tubulações que possuem extremidades de forma circular e de polígonos regulares, e para casos específicos de transições. O aplicativo é desenvolvido em linguagem C/C++.*

***Palavras-chave:** Planificação de superfícies, Caldeiraria, CAD, Automação da manufatura, Software.*

1. INTRODUÇÃO

A caldeiraria industrial utiliza-se de chapas planas para a fabricação de vários tipos de peças como cones, cilindros, transições, etc., que unidas resultam em tubulações e outros tipos de construção em chapa. A obtenção destas peças é a partir das operações de dobramento e curvamento das chapas até a obtenção das peças desejadas.

Porém, para obter-se uma peça, deve-se determinar a forma que a chapa plana deve ser cortada, para que após as operações de fabricação, a peça possa ser obtida. A obtenção da forma plana da superfície lateral é denominada de planificação da superfície.

Tradicionalmente a determinação da planificação da superfície era feita com a confecção de modelos em papelão, que após eram recortados e transferido o contorno para a chapa. Para isso, era necessário um projetista com conhecimentos da técnica para a obtenção do modelo em papelão.

O uso de software permite a obtenção da planificação da superfície de uma peça com maior facilidade e precisão, bem como o conhecimento necessário para o uso do software se restrinja ao aprendizado do mesmo e o conhecimento da área onde a peça será utilizada, além de conhecimento dos processos de fabricação. Porém, o desenvolvimento do software requer um trabalho interdisciplinar para a sua concretização.

Este trabalho apresenta os conceitos aplicados para o desenvolvimento de um protótipo de software para a planificação de superfícies, bem como alguns resultados já obtidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os problemas de planificação de superfícies não são de hoje, sendo que as soluções foram desenvolvidas em função das tecnologias disponíveis em cada época. Cookson ⁽¹⁾ apresenta em seu livro, editado pela primeira vez em 1941, métodos padrões de procedimentos simplificados de desenvolvimento geométrico de sólidos. Nele, fórmulas matemáticas são apresentadas para obtenção das verdadeiras grandezas de casos específicos, além dos métodos manuais de traçado, baseados na Geometria Descritiva.

Araújo ⁽²⁾ apresenta resolução gráfica para o desenvolvimento de peças mais usualmente trabalhadas no campo da funilaria, da caldeiraria e da manutenção industrial. No entanto, no caso de peças mais elaboradas, não apresenta uma metodologia. Nessa área, muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos ao longo do tempo entre eles, Asteasu ⁽³⁾, Lobjois ⁽⁴⁾ e Raj ⁽⁵⁾.

As dificuldades e erros ocorridos nas execuções de trabalhos caros e complexos, estimularam Castro ⁽⁶⁾ a resolver os problemas de planificação de forma analítica e computacional, alguns casos de planificação. O autor apresentou um método analítico para planificação de interseções entre superfícies cilíndricas e cônicas, publicado em 1987. O trabalho aborda a determinação das equações matemáticas das linhas de corte, que devem ser traçadas nas superfícies planificadas, resultado da interseção entre superfícies cilíndricas e superfícies cônicas.

Em virtude dos avanços tecnológicos, a automação do processo de obtenção de peças torna-se possível, fazendo com que a planificação da superfície dos sólidos possa se converter num processo preciso, fácil e rápido de ser executado.

Raj ⁽⁵⁾, apresenta modelos matemáticos e algoritmos específicos para o desenvolvimento de superfícies e fabricação de dutos, principalmente para a planificação da carcaça em forma de caracol para turbina hidráulica do tipo Francis.

Oro et al. ⁽⁷⁾, apresentam um método para a modelagem de peças em chapa e a resolução da planificação destas superfícies. Neste trabalho são analisadas peças que possuem as extremidades com forma circular (cilindro, tronco de cone, etc.) ou com uma das extremidades pontual (cone). Também é possível modelar e planificar peças em forma de prisma e pirâmide de bases regular.

Pertence ⁽⁸⁾ apresenta a implementação de um software didático em linguagem Visual Basic que permite obter a planificação de sólidos. Ele utiliza expressões matemáticas que resultam da análise das projeções de primitivas básicas tais como cilindros e cones, obtendo equações correspondentes às coordenadas das bases superior e inferior que formam a superfície lateral do sólido.

Kripka et al. ⁽⁹⁾, apresenta a resolução da planificação da superfície lateral de peças que possuem bases circular e poligonal (peça de caldeiraria de transição de seção retangular para circular), com bases paralelas. Apresenta também os conceitos utilizados para o desenvolvimento dos algoritmos.

O algoritmo elaborado (Oro ⁽⁷⁾ e Kripka ⁽⁹⁾) executa a planificação de forma genérica. Calculada as coordenadas espaciais que definem a superfície lateral da peça, e aplicado o processo de triangulação, a planificação é realizada. Observa-se que a principal diferença entre o 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.

O software comercial CALDSOFT ⁽¹⁰⁾, permite executar a planificação da superfície de peças predefinidas no sistema. O mesmo não permite a obtenção da planificação de uma peça criada a partir de novas definições, ou seja, a partir de uma peça modelada em 3D obter a sua planificação.

Maziero et al. ⁽¹¹⁾ apresenta a implementação de um software de planificação de superfícies desenvolvido em um sistema CAD comercial (AutoCAD). Este software permite a modelagem de peças em 3D, peças estas disponibilizadas na interface gráfica. Após a modelagem em 3D, o usuário pode solicitar a planificação da referida peça. Este sistema permite a modelagem de diversas peças, as quais são criadas em camadas (*layers*) diferentes, permitindo a sua individualização.

Maziero et al. ⁽¹²⁾ apresenta a metodologia de desenvolvimento da interseção de sólidos por

planos oblíquos. Este método permite trincar o sólido e identificar a peça resultante que se deseja obter, representar a peça em um modelo 3D, e obter a planificação da superfície da peça resultante. Permite ainda, que a peça resultante possa ser seccionada outras vezes e também possam ser obtidas as planificações das superfícies destas peças resultantes.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho visa obter um aplicativo que automatiza as técnicas matemáticas (Asteasu⁽³⁾, Raj⁽⁵⁾, Castro⁽⁶⁾) e gráficas (Cookson⁽¹⁾, Araujo⁽²⁾, Lobjois⁽⁴⁾) desenvolvidas pelos diversos autores, de modo a tornar o desenvolvimento de superfícies uma tarefa simples.

O modelo matemático é desenvolvido em duas partes: a primeira parte corresponde à representação da superfície lateral da peça no espaço e a segunda, o cálculo dos pontos no plano correspondentes à superfície lateral planificada.

Para a modelagem matemática do problema de planificação de superfície, foi baseado no método gráfico de triangulação (Cookson⁽¹⁾). Esse método consiste em discretizar a superfície lateral da peça através de "2n" triângulos e realizar a planificação dos triângulos formados na superfície da peça no espaço.

Na primeira etapa do modelo são necessárias apenas algumas características básicas como: altura, diâmetro das bases, quando essas forem circulares e caso possuam diâmetros diferentes ou medida das arestas, quando as bases são polígonos regulares e caso possuam dimensões diferentes.

No modelo, a representação das peças através de pontos no espaço foi idealizada de forma genérica, considerando sempre as bases dos sólidos como polígonos inscritos em circunferências, mesmo quando as bases são circulares. Neste último caso, as bases são consideradas como polígonos de "infinitos" lados.

A superfície lateral da peça é representada no espaço apenas através dos pontos que definem as bases inferior e superior. Nesse caso, se as bases forem divididas em "n" partes iguais, têm-se "n+1" pontos que definirão cada base (figura 1-a). Após a identificação da peça por suas coordenadas, a superfície lateral é decomposta em triângulos, os quais são formados pela geratriz, diagonal e uma das divisões de uma das bases (Figura 1-b).

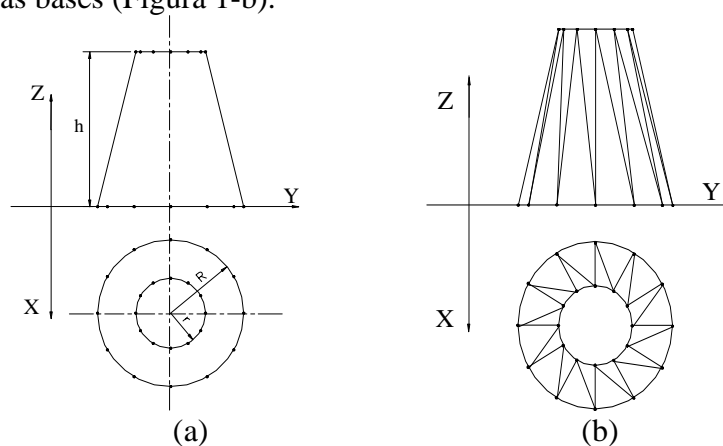


Figura 1. Representação do cone truncado em épura para considerações de representação

Conhecidos os triângulos que formam a superfície discretizada, através das entidades (geratrizes, diagonais e divisões) que formam cada triângulo, este é obtido mediante um movimento rígido, o que conserva suas dimensões. A metodologia de cálculo é baseada no trabalho de Oro at al⁽⁷⁾.

A implementação do software é baseada em duas formas de uso. A primeira forma consiste em disponibilizar ao usuário as peças predefinidas mais utilizadas. Cada peça específica como cilindro, cone TEE, etc., disponível no sistema, é modelada em 3D separadamente para a identificação e análise da forma da peça. Para as peças em questão, não é necessário proceder a nenhuma espécie de modelamento por parte do usuário.

Outra forma é o usuário definir a tubulação que deseja planificar. Para isso o sistema permite criar uma tubulação a partir de duas seções circulares ou poligonais no espaço. Deste modo, o

usuário tem a flexibilidade de criar formas que não estejam definidas no sistema básico, como unir dois tubos cilíndricos que não estejam alinhados pelo eixo de rotação. Cada nova tubulação solicitada pelo usuário, é gerada em uma camada (*layer*) automaticamente.

Com a peça modelada em 3D, é possível seccioná-la, de forma a obter uma nova peça. Para isso é utilizada uma vista ortográfica para a inserção do plano de seccionamento (figura 2).

O plano de seccionamento produz a intersecção das geratrizes que definem a superfície da peça (figura 2) quando de seu cruzamento com a peça no espaço. Com a determinação dos pontos (Pt(x,y,z)) de intersecção, é possível definir este conjunto de pontos como sendo a nova base da peça, que dependendo de qual das bases da peça original for escolhida, uma nova peça resultará, e o conjunto de pontos da intersecção será armazenado em substituição a uma destas bases.

Tendo-se o plano de intersecção perpendicular ao plano formado pelos eixos XZ, a representação deste plano é uma reta formada pelos pontos P1 e P2 (figura 2), que definem dois pontos por onde passa o plano. Neste caso, a análise se resume a efetuar a intersecção do respectivo plano com as geratrizes do sólido, que são definidas pelos pontos Ps(Xs,Ys,Zs) e Pi(Xi,Yi,Zi).

A Solução matemática resume-se na representação de retas que passam por dois pontos (figura 2), conforme eq. (1), que representa as geratrizes do sólido. Na Equação (2), é representado o plano através de uma reta. A solução da intersecção das Equações (1) e (2), resulta na determinação do ponto de intersecção do plano com as geratrizes do sólido.

$$\frac{X - X_s}{X_i - X_s} = \frac{Z - Z_s}{Z_i - Z_s} \quad (1)$$

$$\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} = \frac{Z - Z_1}{Z_2 - Z_1} \quad (2)$$

A peça resultante do seccionamento, é um modelo 3D. Cada nova peça obtida pelo seccionamento da anterior, é gerada em uma camada (*layer*) automaticamente. Cada nova peça é identificada independentemente da peça da qual foi obtida, podendo sofrer outras operações de seccionamento e planificação.

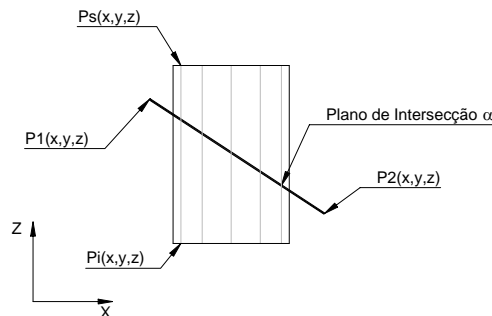


Figura 2. Posição do plano de intersecção com um cilindro – vista ortográfica

Outro aplicativo implementado é o de intersecção entre sólidos. O algoritmo se baseia em entidades básicas como retas e círculos. As retas são as geratrizes que formam a superfície da peça a ser seccionada, e os círculos pertencem à superfície seccionadora, os quais podem ser de raio constante ou variável, dependendo se são superfícies cilíndricas ou cônicas.

Na figura 3(a) apresenta a intersecção entre um cilindro definido pelo centro C(x,y) e o raio R, e uma reta definida por dois pontos P1 e P2. Os pontos de intersecção I1 e I2 são resultantes da intersecção entre o círculo e a reta.

No plano XY (figura 3-a) o cilindro é visto de cima, e no plano XZ (figura 3-b) o cilindro é visto de frente, onde os pontos de intersecção (I1 e I2) são representados com as respectivas coordenadas de cada plano.

Isolando as equações (3) e (8) em x e y, e substituindo na equação da circunferência (Equação (13)), obtém-se a solução das coordenadas dos pontos desejados, os pontos de intersecção I1 e I2.

A equação da reta que passa por dois pontos no plano no plano XZ:

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1} \quad (3)$$

Onde resulta uma equação tipo

$$Ax + Bz + C = 0 \quad (4)$$

onde

$$A = z_2 - z_1 \quad (5)$$

$$B = x_1 - x_2 \quad (6)$$

$$C = x_1z_1 - x_1z_2 + z_1x_2 - z_1x_1 \quad (7)$$

e no plano XY é dada por :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (8)$$

onde resulta uma equação tipo

$$Dx + Ey + F = 0 \quad (9)$$

sendo

$$D = y_2 - y_1 \quad (10)$$

$$E = x_1 - x_2 \quad (11)$$

$$C = x_1y_1 - x_1y_2 + y_1x_2 - y_1x_1 \quad (12)$$

a equação do círculo no plano XY é:

$$(X - h)^2 + (y - k)^2 = R^2 \quad (13)$$

A determinação do ponto de interseção I2 permite construir a peça resultante. Como uma peça é definida na sua superfície por uma série de geratrizes, a solução de cada geratriz cortada pelo cilindro resulta na seção de interseção. Como o raio de um cilindro é constante, a mesma equação permite encontrar os dois pontos de interseção, que são as raízes da equação da circunferência, que é uma equação do segundo grau.

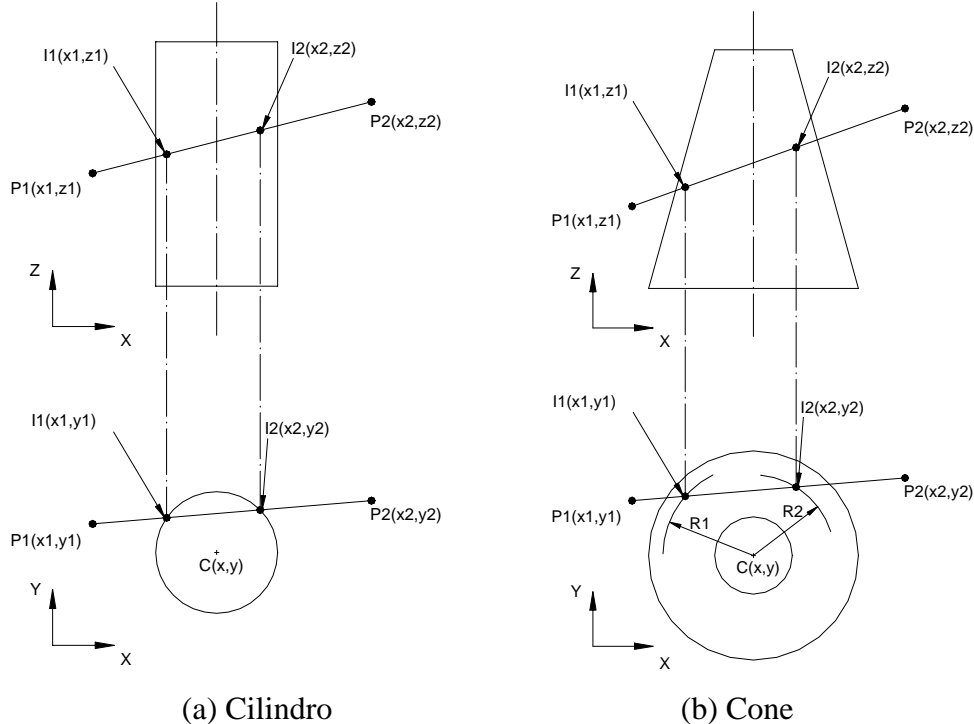


Figura 3. Interseção de peças cilíndrica e uma reta

No caso da interseção com cones (figura 3-b), a solução se torna um pouco mais complexa, pois os círculos que compõem a superfície cônica são variáveis em função da altura do cone. Logo, para cada variação da altura, deve-se determinar os raios dos círculos R1 e R2 de interseção, definidos para uma mesma reta nos pontos I1 e I2. Para definição dos pontos, é necessário equacionar a conicidade, que é dada em função dos diâmetros do tronco de cone e de sua altura.

A determinação dos pontos de interseção está condicionada a identificação da peça seccionadora, se é um cilindro ou um cone. A identificação do tipo de peça é feita facilmente pois, ao ser criada uma peça, o sistema identifica se é de forma cilíndrica ou cônica (Maziero⁽¹¹⁾).

Com o uso do modelo de representação na estrutura de dados do software, é possível armazenar informações do modelo em 3D e da planificação e manipulá-las de acordo com a necessidade.

A implementação é realizada com a utilização do software de CAD, AutoCAD R14 e AutoCAD 2000, sendo a programação em linguagem C/C++, orientada para objeto, no ambiente ADS⁽¹³⁾.

A estrutura de dados é desenvolvida independente do software de CAD utilizando listas ligadas e a programação é baseada em orientação para objeto (Perry⁽¹⁴⁾).

4. IMPLEMENTAÇÃO

A implementação é baseada nas considerações de que há peças básicas predefinidas como cilindro, cone, etc. (figura 4-a), e também peças que são combinações de peças básicas, como curva em gomos, TEE, etc., as quais foram predefinidas a partir das peças básicas.

Partindo das peças predefinidas, a figura 4-a apresenta o quadro de dialogo para a escolha da peça a ser modelada em 3D para posterior planificação. A figura 4-b mostra o quadro de diálogo referente à peça denominada de TEE 90°, onde devem ser informadas as dimensões da peça.

Como resultado da planificação da tubulação TEE, a figura 4-c apresenta o modelo em 3D e a superfície planificada, a qual apresenta os triângulos resultantes do processo (triangulação). As linhas internas podem ser eliminadas quando de uma aplicação real.

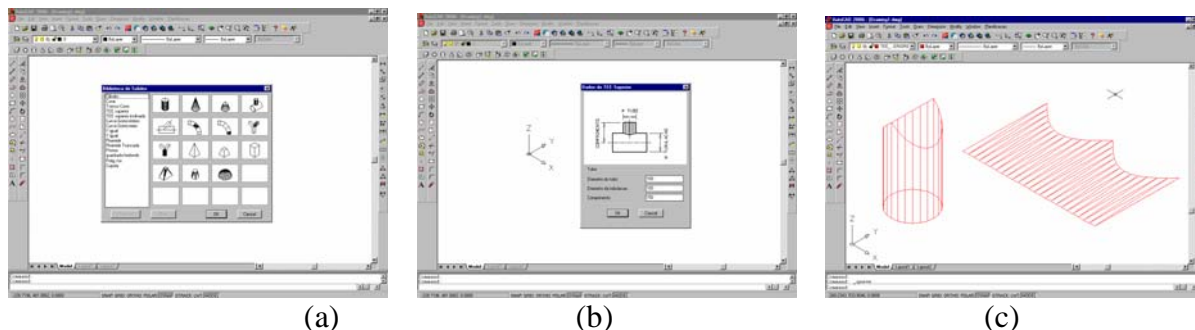


Figura 4. Quadro de dialogo dos sólidos disponíveis e definição da peça específica

No segundo caso de aplicação é utilizado o princípio de definir as seções da tubulação. Para isso, é necessário definir a seção superior (diâmetro), e a posição das coordenadas do centro (x,y,z); após a seção inferior (diâmetro) e também as coordenadas do centro (x,y,z), resultando na peça planificada e na tubulação em 3D (figura 5). Isto é feito através do quadro de diálogo onde são inseridas as informações a respeito das bases da peça. Esta aplicação permite a execução de tubulações que não são padrões do sistema, permitindo maior flexibilidade.

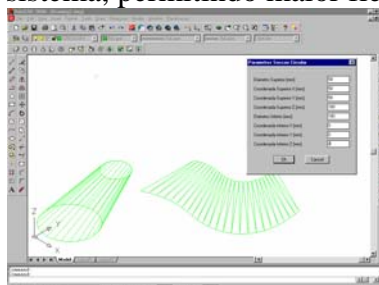


Figura 5. Modelo 3D e planificação de peça gerada a partir da definição das bases

A operação de seccionamento permite que uma peça já modelada em 3D, obtida por qualquer um dos meios descritos possa ser seccionada por um plano, resultando numa nova peça.

Do cilindro representado em 3D (figura 6-a), e da escolha do plano de seccionamento (figura 6-b) é possível determinar como a peça será seccionada pela definição da posição deste plano. Na figura 6-c, tem-se o cilindro representado em vista ortográfica e a indicação da posição do plano oblíquo que seccionará a peça. A indicação da posição do plano é realizada pelo usuário através do traçado de uma reta sobre a vista da peça.

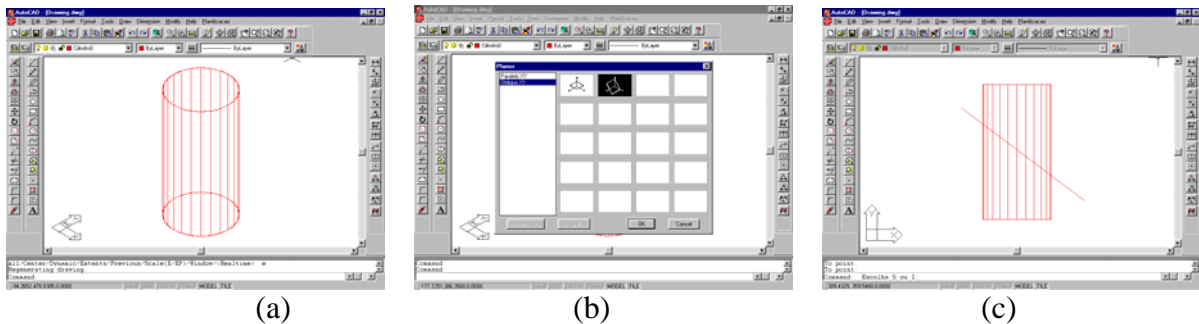


Figura 6. Cilindro modelado e escolha do plano de seccionamento

Na figura 7-a o resultado do seccionamento é apresentado, sendo que o usuário optou por obter a porção inferior da peça seccionada, a qual está representada em 3D. A representação do cilindro original e a peça resultante, bem como as respectivas planificações são mostrados na figura 7-b.

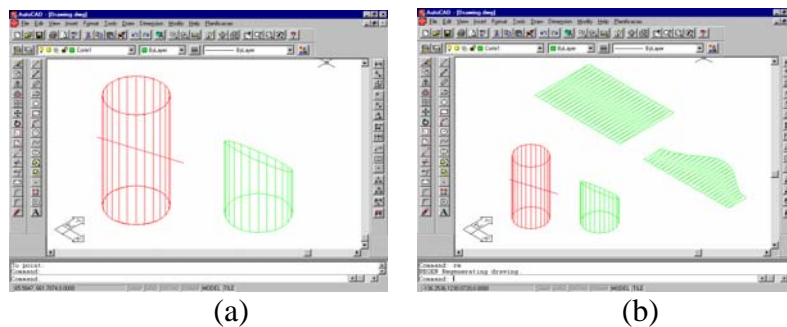


Figura 7. Peça em vista ortográfica com o plano de seccionamento e a peça resultante em 3D

Utilizando-se da peça resultante, a figura 8-a mostra que será produzido um novo seccionamento, como indicado pelo traçado da reta que representa o plano de intersecção.

Este seccionamento gera uma nova peça, apresentada na figura 8-b, onde estão as peças em 3D, a peça original e a peça resultante e sua planificação. Várias peças e planificações são apresentadas como exemplo de aplicação na figura 8-c.

Com a utilização do modelo de representação das informações, através de listas ligadas, é possível aplicar um algoritmo e determinar a intersecção entre dois sólidos. Para isso, é necessário posicionar duas peças de modo que ocorra a intersecção. A figura 9-a apresenta a intersecção de dois cilindros no espaço e em vista ortográfica, na figura 9-b

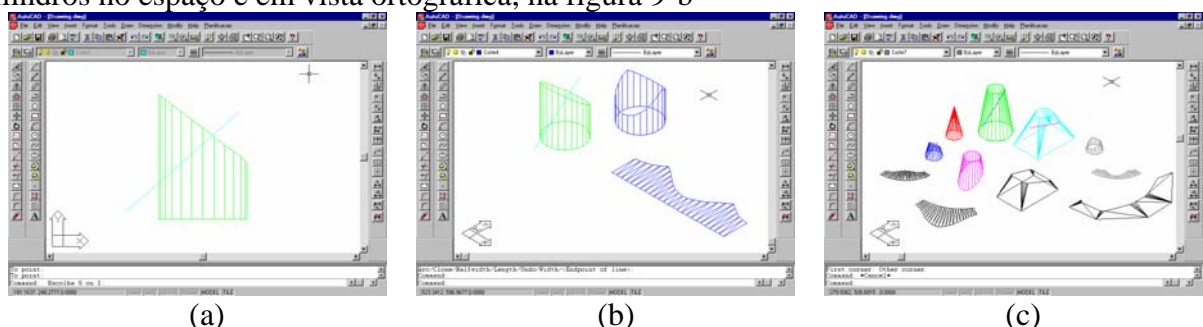
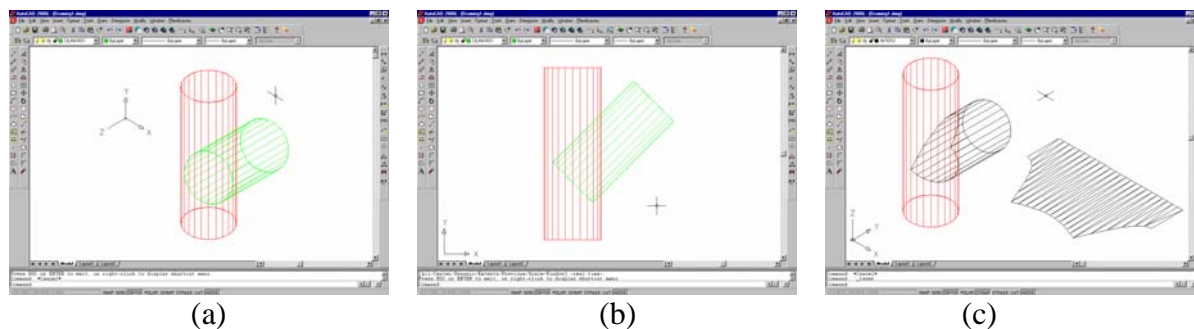


Figura 8. Planificação resultante da peça e da peça seccionada

Para obter o resultado da intersecção é necessária a identificação da peça seccionadora e de qual é a peça a ser seccionada. Após deve ser indicado o ponto onde deve ser gerada a nova peça, que pode ser na posição original (figura 9-b). Neste caso, o cilindro vertical é considerado o cilindro seccionador, que será escolhido para seccionar o cilindro oblíquo (figura 9-b).

O resultado da intersecção é mostrado na figura 9-c, onde o cilindro oblíquo foi cortado pelo cilindro vertical, resultando a curva de intersecção do cilindro oblíquo com o cilindro vertical. Ao lado da representação em 3D, está a planificação do cilindro seccionado (figura 9-c).

A aplicação na intersecção de dois cones é apresentada na figura 10. Este procedimento também pode ser utilizado para a intersecção entre peças cilíndricas e cônicas.



(a) (b) (c)
Figura 9. Disposição dos cilindros no espaço e em vista frontal

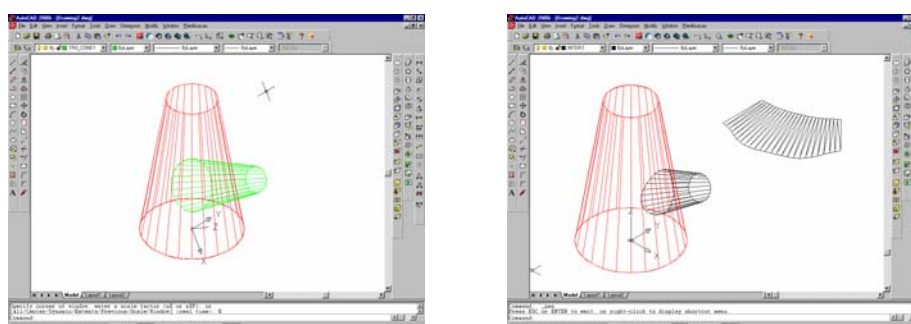


Figura 10. Disposição dos cones no espaço e em vista frontal

Com a obtenção da peça planificada, esta pode ser convertida, a partir das coordenadas da planificação em um programa de comando numérico (CN) automaticamente. Nesta implementação, foi obtido o programa CN do cilindro vertical do TEE, apresentado na figura 4.

A simulação do corte da peça planificada foi executado utilizando-se de uma mini-fresadora CNC do LPMi (Laboratório Integrado de Projeto e Manufatura), sendo substituído o cabeçote de usinagem por um traçador, de modo a simular a operação de uma máquina de corte laser ou oxicorte, e a chapa foi substituída por uma folha de papel (figura 11).

Como as informações estão disponíveis na estrutura de dados, é possível determinar por exemplo o cálculo da superfície da peça planificada, e com a espessura da chapa e o peso específico do material, determinar o peso da peça planificada.

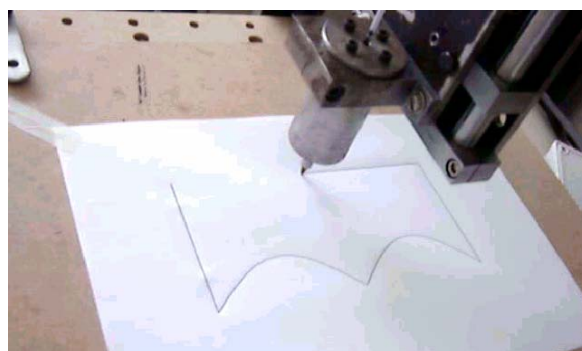


Figura 11. Simulação do corte da planificação por traçador

5. AGRADECIMENTOS

A Universidade de Passo Fundo, pelo apoio ao projeto de pesquisa em desenvolvimento junto a Faculdade de Engenharia e Arquitetura e ao Instituto de Ciências Exatas e Geociências. Ao CNPq e Fapergs, pelas bolsas de Iniciação Científica.

6. CONCLUSÕES

Este protótipo de software de planificação de superfícies tem apresentado bons resultados durante os testes realizados. O traçado da planificação tem correspondido com os resultados, sendo observado que um número muito pequeno de pontos definidos produz um erro de traçado, mas que também um número exagerado de pontos não trás benefícios no resultado, pois precisão extrema não é normalmente necessária nos processos de caldeiraria.

A forma como foi implementada a interface mostrou-se amigável, principalmente para aqueles que já utilizam o software sobre o qual foi desenvolvido o aplicativo, o AutoCAD.

Como o aplicativo não utiliza a estrutura de dados do CAD para representar as informações, tanto em 3D como da peça planificada, este aplicativo pode migrar para um software independente ou outro software de CAD que seja programável em C/C++.

O uso de planos de seccionamento, permite grande versatilidade ao aplicativo, pois vários tipos de peças podem ser obtidos pelo seccionamento, diminuindo o trabalho de implementação de peças predefinidas.

Também a implementação da intersecção de sólidos cilíndricos e cônicos auxilia do mesmo modo o uso do aplicativo como também elimina a implementação de casos específicos. Peças que devem apresentar uma abertura após a intersecção, ainda estão em desenvolvimento, pois apresentam o problema de representação na estrutura de dados.

O uso da plataforma gráfica do AutoCAD, permitiu agilizar e simplificar o trabalho de representação dos modelos em 3D. Pois foram utilizadas funções como: posicionar o sistema de coordenadas, utilização das entidades para desenhar, mover, visualizar, etc.

A implementação de algoritmos que processam dados da planificação da superfície são muito simples, e podem ser desenvolvidos independentemente do aplicativo. Para a implementação do cálculo do peso utilizou-se das coordenadas já conhecidas, bem como a geração do programa CNC.

O próximo passo é migrar para uma plataforma, a qual deverá ter uma interface gráfica independente do software de CAD comercial, oferecendo comandos que permitam exportar os resultados para outros aplicativos.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Cookson, W. New Methods for Sheet Metal Work. Londres: The Technical Press, 1964. 227 p.
2. Araújo, E. C. Curso Técnico de Caldeiraria. São Paulo: Hemus, 1976.
3. Asteasu, C. Intersection of arbitrary surfaces. Computer-Aided Design, v. 20, n. 9, p. 533-538, nov. 1988.
4. Lobjois, CH. Desenvolvimento de Chapas. São Paulo: Hemus, 1977, 309p.
5. 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.
6. Castro, M. M..O. Método Analítico para Planificação de Intersecções entre Superfícies Cilíndricas e Cônicas. Niterói: Universidade Federal Fluminense EDUFF, 1991. v. 1 e 2, 628 p.

7. Oro, N. T.; Kripka, R. M. L.; Maziero, N. L.. Modelagem e Resolução do Processo de Planificação de Sólidos. Proceedings do XXII CNMAC, vol. I, p. 201-214, 1999.
8. 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.
9. Kripka, R. M. L; Oro, N. T.; Maziero. N. L. Planificação de superfícies laterais de casos específicos utilizando o software Planificação de Superfícies. In XXVII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2001, Belo Horizonte – MG, Seleta do XXIV Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, Belo Horizonte, Editora Gráfica Novo Milênio, 2001, v. II.
10. CALDSOft: software comercial para planificações em caldeiraria industrial. Disponível em: <<http://www.caldsoft.com.br/cald/>>. Acesso em: 25 abril 2006
11. Maziero, Nilson L.; Oro, Neuza T.; Kripka, M. L. Planificação de Superfícies: Aplicação de um modelo em um sistema CAD. Ciência & Engenharia, Uberlândia, v. 12, n. 1, p. 61-66, 2003.
12. Maziero, N. L.; Oro, N. T.; Kripka, R. M. L.. Planificação de superfícies: seccionamento de peças. XXIV Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, Ouro Preto/MG – Brazil, 2003.
13. AUTODESK INC. AutoCAD Development System: programmer's reference. Manual. 1. ed. USA : AutoDESK, 1992.
14. Perry, G. Programação orientada para objeto com turbo C++. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994.

PLANIFICA: PROTOTYPE SOFTWARE FOR SURFACES UNFOLDING

Nilson Luiz Maziero

Email: nlm@upf.tche.br

Faculdade de Engenharia e Arquitetura – FEAR - Universidade de Passo Fundo – UPF - Campus Bairro São José – Cx. Postal 611 - Passo Fundo – RS/BR

Neusa Terezinha Oro

Email: neuza@upf.br

Rosana Maria Luvezute Kripka

Email: rkripka@upf.br

Instituto de Ciências Exatas e Geociências – ICEG Universidade de Passo Fundo – UPF - Campus Bairro São José – Cx. Postal 611 - Passo Fundo – RS/BR

***Abstract:** This article shows a prototype of software for surfaces unfolding, which has implemented in a commercial CAD platform. Basic parts that are able to be 3D-represented (e.g. cylinders, cones, transitions' squares) and previously defined in the CAD have their side surfaces unfolded. The intersection of a part by a plan generates in another part which can be used to generate another one. As a result, any part generated from another can be unfolded. Additionally, the intersection among parts can be fulfilled and unfolded. The approach developed in this work was tested in manifold whose ends own circular and polygonal form. It can be also applied for transitions' sections in manifolds. The prototype software has written in C/C++ language.*

Key-words: Surface unfolding, CAD, manufacturing automation.