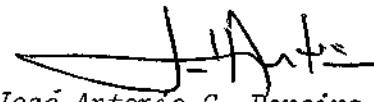




1. Publicação nº <i>INPE-2713-PRE/300</i>	2. Versão	3. Data <i>Abril, 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DIN/DPD</i>	Programa <i>DENUME</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>GRÁFICOS POR COMPUTADOR</i> <i>AUTOMAÇÃO</i> <i>EMBALAGEM</i>			
7. C.D.U.: <i>519.674:621.798</i>			
8. Título <i>USO DE COMPUTADOR PARA O PROJETO DE EMBALAGENS DE FORMA NÃO CONVENCIONAL</i>		10. Páginas: <i>07</i>	
		11. Última página: <i>05</i>	
		12. Revisada por	
9. Autoria <i>Luiz Alberto Vieira Dias</i> <i>Nandamudi L. Vijaykumar</i>		 <i>José Antonio G. Pereira</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
14. Resumo/Notas <p><i>É comum surgir a necessidade de projetar embalagens de forma não-convencional. Com o uso de computadores e técnicas de Matemática Aplicada, evitam-se métodos de tentativa e erro. Utilizando integração numérica e interpolação por "splines", os volumes internos e dimensões externas podem ser calculados interativamente. O resultado final pode ser apresentado em forma gráfica, usando um "plotter" simples. Apresentam-se dois exemplos para ilustrar a utilidade desta técnica.</i></p>			
15. Observações <i>Trabalho a ser apresentado no 1º CONAI - Congresso Nacional de Automação Industrial - São Paulo - SP.</i>			

ABSTRACT

The need of designing nonconventional packages for industry is frequent. With the advent of Applied Mathematics Techniques for computer usage trial and error methods are avoided. Using numerical integration and spline interpolation, internal volumes and external dimensions may be computed interactively. The final result may be presented in graphical form, using a traditional PLOTTER. Two examples are presented to illustrate this technique.

USO DE COMPUTADOR PARA O PROJETO DE EMBALAGENS DE FORMA NÃO-CONVENCIONAL

L.A.V. Dias, N.L. Vijaykumar

Instituto de Pesquisas Espaciais
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
Caixa Postal 515 - São José dos Campos

RESUMO: É comum surgir a necessidade de projetar embalagens de forma não-convencional. Com o uso de computadores e técnicas de Matemática Aplicada, evitam-se métodos de tentativa e erro. Utilizando integração numérica e interpolação por "splines", os volumes internos e dimensões externas podem ser calculados interativamente. O resultado final pode ser apresentado em forma gráfica, usando um "plotter" simples. Apresentam-se dois exemplos para ilustrar a utilidade desta técnica.

1. INTRODUÇÃO

É muito comum, em aplicações industriais e comerciais, haver necessidade de projetar uma embalagem de forma não-convencional para proteger uma peça importante ou embalagem para transporte, ou mesmo uma embalagem de aparência agradável, para vender melhor um produto.

Com a disponibilidade de computadores mais baratos, seu uso pode ser estendido ao projeto dessas embalagens. Desta maneira, evita-se ter de construir fisicamente uma embalagem e depois verificar se seu volume era o desejado. Se não o fosse, ter-se-ia então de reduzir ou aumentar o protótipo, construir outro, e só então enviá-lo à produção. Esse processo acima poderia ter vários passos, dependendo da experiência ou sorte do artista que projetou a embalagem. Com o uso de terminais gráficos, com extenso "software" já pronto, é possível automatizar o processo acima com o mínimo de trabalho. Contudo, o uso de terminais gráficos não é muito popular e seu uso tem sido restrito a poucas companhias de grande porte.

O objetivo maior deste trabalho é mostrar que, com um computador de porte médio e um "plotter" convencional, é possível automatizar o projeto de embalagens não-convencionais e, com isso, ganha-se tempo. Deve ser notado que, com o uso de terminais gráficos, o trabalho fica mais simples e mais rápido.

2. MÉTODO UTILIZADO

O volume, em geral, pode ser calculado usando a seguinte integral tripla:

$$\iiint f(x,y,z) \, dz \, dy \, dx. \quad (1)$$

Contudo, para sólidos de revolução, o teorema de Pappus pode ser utilizado. Neste trabalho será mostrado o cálculo de embalagens utilizando o teorema de Pappus, cujo enunciado é o seguinte: "Se uma área plana gira em torno de uma linha em seu plano a qual não cruza a área, o volume do sólido gerado é igual ao produto da área vezes a distância percorrida pelo seu centróide". O centróide é descrito pela fórmula:

$$\bar{y} = \frac{1}{2} \int f^2(x) \, dx / \text{ÁREA} \quad (2)$$

onde $f(x)$ é uma função qualquer, com expressão analítica conhecida ou descrita por pontos.

Para visualizar a embalagem desejada, usa-se um programa de computador POLIEDRO (Pereira, 1973), que apresenta a embalagem desejada em três dimensões, em perspectiva, apaga as linhas escondidas e pode modificar a posição do observador. Este programa roda em "plotters" CALCOMP, está escrito em FORTRAN e ocupa menos de 8k de memória.

3. EXEMPLOS

Neste trabalho os exemplos utilizados foram um copo com volume de aproximadamente 200ml e uma garrafa com volume interno da ordem de 300ml. Para exemplificar o método, o copo usa uma função com expressão analítica conhecida e a garrafa uma função descrita por pontos. Estes exemplos dão uma idéia da generalidade do método.

Inicialmente, supõe-se que a superfície interna do copo é gerada por uma parábola e sua altura é de 10cm ($H = 10$). O volume é

$$\text{dado por } V = 2 \pi \bar{y} A, \quad (3)$$

$$\text{onde } A = \int_a^b f(x) dx. \quad (4)$$

Para $V = 200\text{ml} = 200\text{cm}^3$, uma vez que a altura do copo é 10cm e sua função geratriz é $f(x) = ax^2 + bx + c$, determinam-se os parâmetros a , b e c fixando o mínimo da parábola em $(-b/2a)$ e deixando como parâmetro livre c (raio da boca do copo). No exemplo em questão, usou-se o manipulador algébrico REDUCE 2 para os cálculos das integrais \bar{y} e A e do volume V . Fixando $f(x) = 0,06x^2 + 0,6x + c$, varia-se c até o volume aproximar-se de 200ml. No presente caso, obtiveram-se os valores $a = 0,06$, $b = 0,6$, $c = 7$ e $V = 204,7 \text{ cm}^3$. Com o programa de computador VERTICE geram-se as coordenadas x , y e z dos pontos do copo em três dimensões, para cada uma das 122 faces em que foi dividido o copo. Este programa coloca os dados em um arquivo que é lido como entrada pelo programa do "plotter". Pode-se variar à vontade a posição do observador.

As Figuras 1 e 2 apresentam vistas em perspectiva do copo, estando o observador em duas posições diferentes.

No segundo exemplo, pode-se usar o mesmo método, com a diferença de que $f(x)$ é dado por pontos:

i	x	f(x)	i	x	f(x)
1	0	63.5	9	135.4	60.6
2	16.9	61.7	10	152.4	55.9
3	33.8	60.6	11	169.3	46.7
4	50.8	60.3	12	183.2	33.7
5	67.7	61.1	13	203.2	25.4
6	84.6	63.1	14	220.1	22.0
7	101.6	63.5	15	237.0	22.0
8	118.5	62.5	16	254.0	25.4

Usando novamente o REDUCE para o cálculo de \bar{y} , A e V , pode-se variar $f(x)$ interativamente, obtendo-se os valores acima após a aplicação de um "spline" ponderado (COSTA, 1980) para os vários pontos. Assim obtém-se o volume desejado na forma desejada. Nas figuras 3, 4 e 5, vê-se a garrafa em três posições referentes ao observador. Note-se que as linhas escondidas estão apagadas.

4. CONCLUSÕES

Para o usuário que não dispõe de um terminal gráfico, o presente método é uma solução alternativa barata e acessível. Como todos os programas estão operacionais, tanto o projeto por computador como a geração dos gráficos não constituem problema para a visualização, em diferentes perspectivas, da embalagem a ser produzida.

Deve-se frisar que é possível estender o presente método para a geração de curvas, sombras e outros refinamentos, o que indica que o atual exemplo é apenas uma pequena parte do que se pode fazer com gráficos por computador. O volume de um sólido que tenha um plano de simetria também pode ser calculado somando os prismas até uma superfície reversa, descrita por pontos, o que se espera fazer no futuro, aumentando a utilidade do presente esquema.

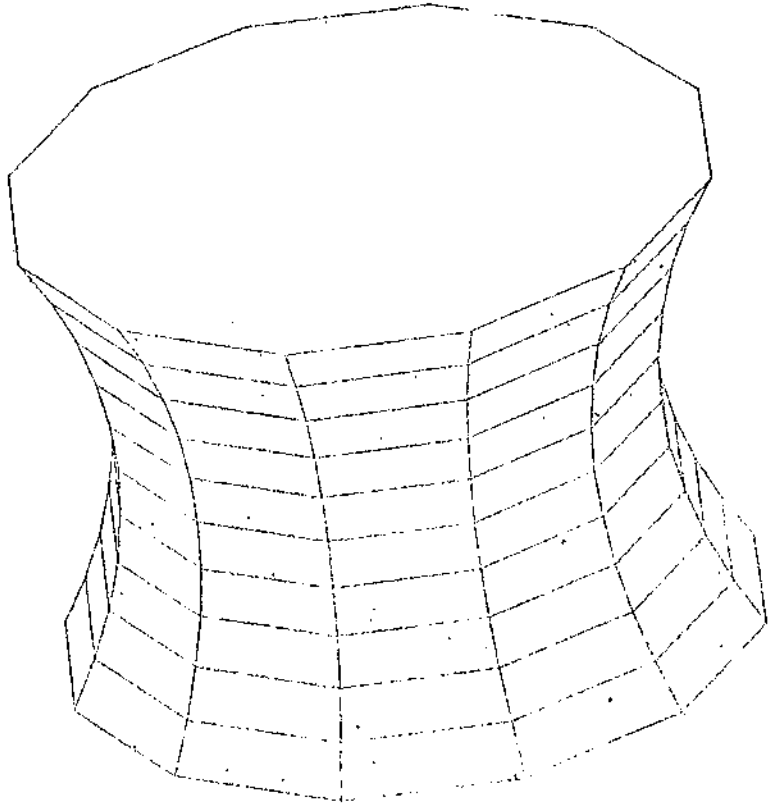
5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. José A. Gonçalves Pereira as valiosas sugestões no decorrer do trabalho, ao Eng^o José Luiz Kuranaga pelo valioso auxílio na programação gráfica e ao INPE.

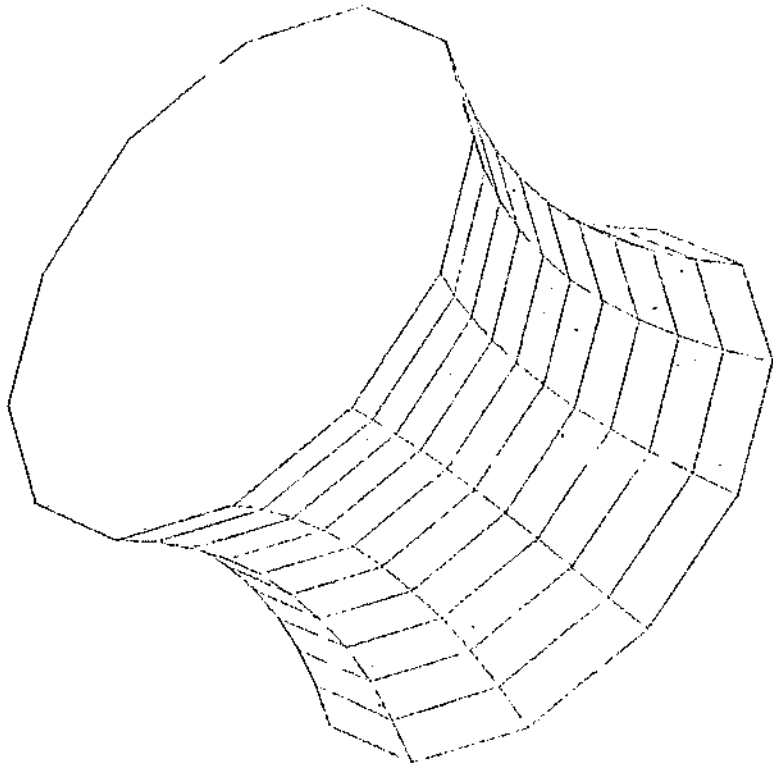
6. REFERÊNCIAS

COSTA, L.A.Z. da, "Spline Ponderada - Um novo algoritmo", II Simpósio sobre Aplicações Gráficas por Computador e Sistemas Gráficos Interativos, Vol. II, São Paulo, 20 a 22 de agosto de 1980.

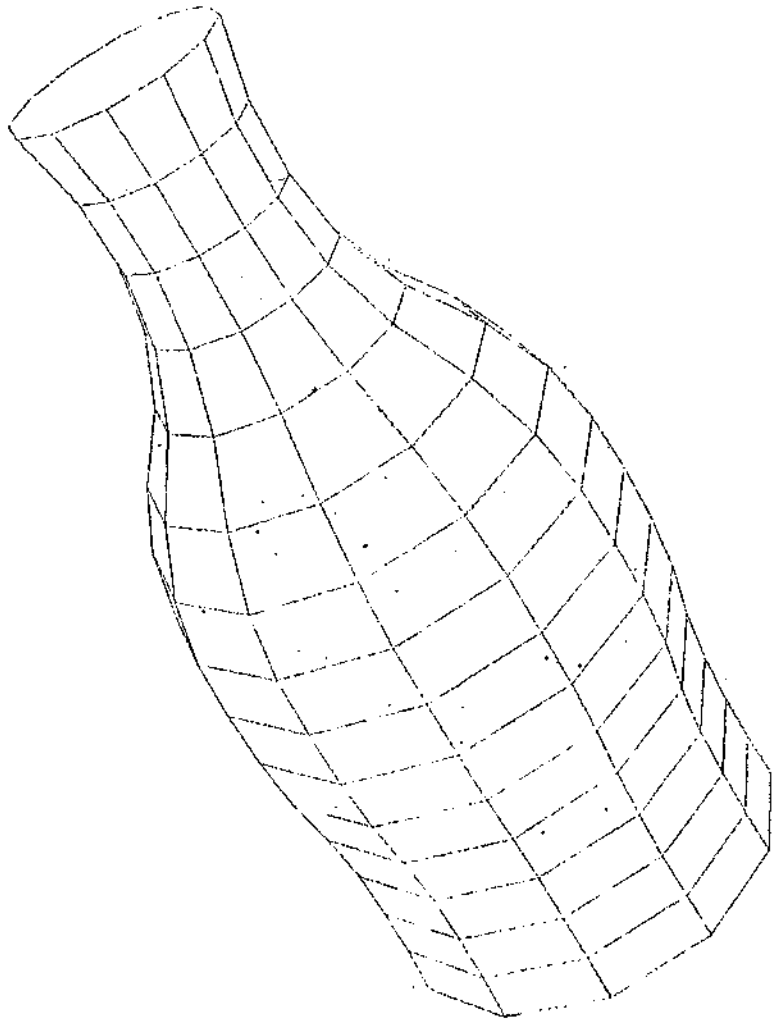
PEREIRA, J.A.G., "Uma solução para o problema de linhas escondidas no traçado de políedros por computador". Tese de Mestrado. INPE-434-LAFE, Dezembro de 1973.



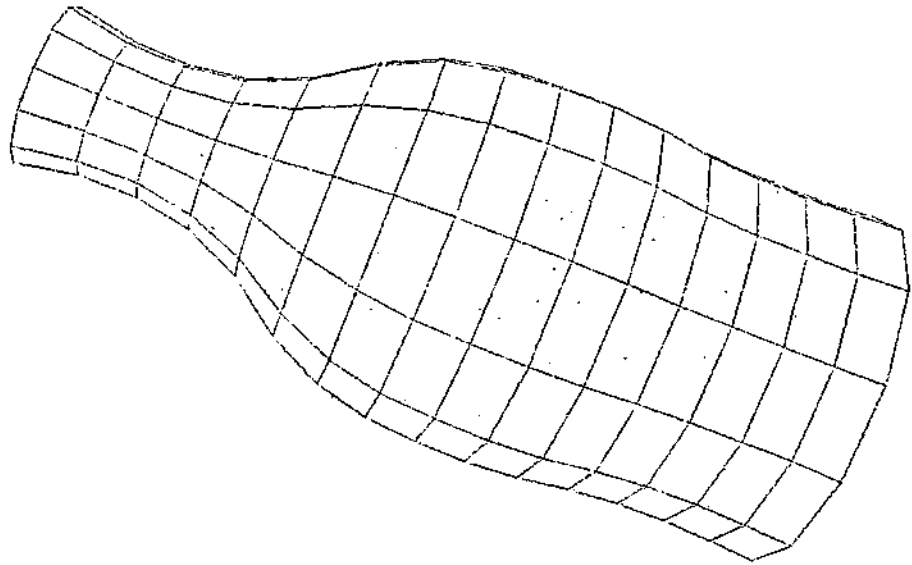
"FIGURA 1"



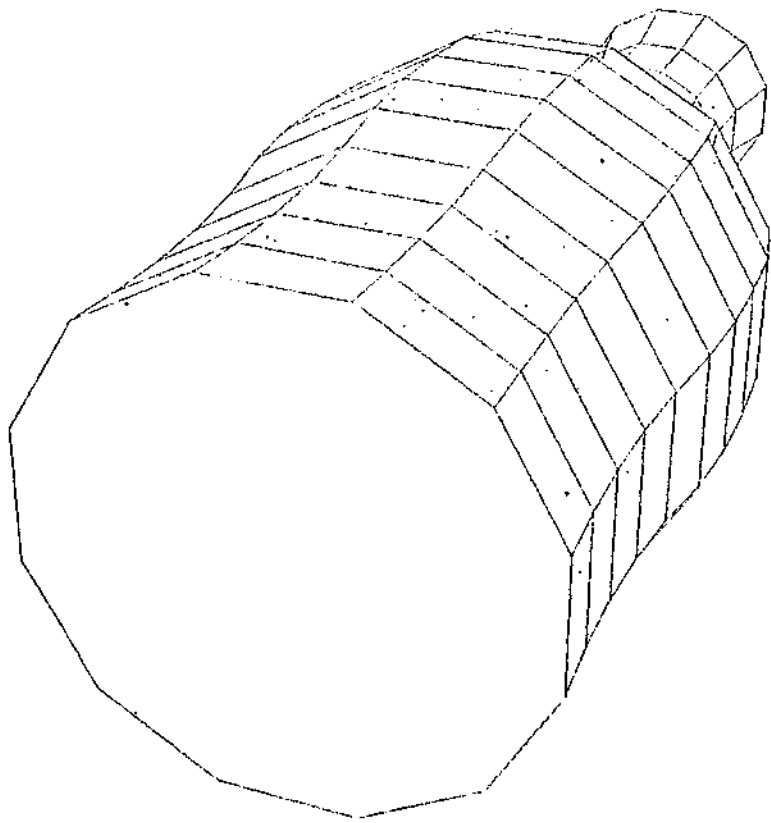
"FIGURA 2"



"FIGURA 3"



"FIGURA 4"



"FIGURA 5"