

## COMUTADOR DE BARRAS NOVO MÉTODO GRÁFICO PARA AVALIAÇÃO DE ÁREAS

Thiago Cruz Rodrigues Franco - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – Campus Inconfidentes/MG – thiagocrf@yahoo.com.br, Marlei Rodrigues Franco – IFET Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes/MG – marleirf@gmail.com

### RESUMO

Foi testado e é apresentado um método de avaliação de áreas, a partir de plantas pré-existentes, por um comutador de barras ou de ordenadas.

No dia-a-dia dos profissionais de topografia é comum a necessidade de se avaliar áreas de terrenos cujas plantas resultam de levantamentos que se faz ou que são encontrados prontos. A partir da planta existem vários métodos de avaliação de áreas denominados métodos gráficos (GODOY, R., p.173, 1988). Todos os métodos empregados no cálculo de áreas a partir da planta topográfica apresentam vantagens e desvantagens tais como, maior precisão, rapidez, não exigência de treinamentos prolongados, custos relativos mais baixos ou, pelo contrário, mais demorados, maior exigência de treinamento para aplicação de métodos, elevado custo relativo e menor precisão. Sobre esta última observação é certo que nenhum método de avaliação propicia cem por cento de precisão, sendo que nos últimos vinte anos foram desenvolvidos equipamentos e métodos que possibilitam chegar-se próximo de tal precisão. Contudo, os métodos que oferecem boa aproximação são aceitáveis em muitos contextos (MCCORMAC, J., p.180, 2007).

### OBJETIVOS

Ap princípio, houve duas hipóteses, Comutador de Pontos e Comutador de Barras.

Após pesquisa com o comutador de pontos verificou-se a necessidade de cálculos matemáticos mais avançados, não para a aplicação do método e sim para sua explicação. Assim, optou-se pelo comutador de barras e, após, pesquisas foram realizadas como forma de confirmá-lo como método que oferece construção e aplicação fáceis, acuidade satisfatória em diversas situações reais, baixo custo e baseado em princípios de fácil compreensão. Tais características, algumas pelo menos, superaram os métodos em uso hoje.

### MATERIAL E MÉTODOS

Dentre outras propostas testadas, o método comutativo de áreas finalmente escolhido foi testado por três pessoas diferentes em área experimental correspondente a um setor de 10 cm de raio, sempre em simultânea comparação com método analítico, geométrico (área de um setor circular  $A = \frac{1}{4} \pi r^2$ ) e também com planímetro.

Considerando-se que o método geométrico oferece a área considerada exata, de um setor circular ( $A = \frac{1}{4} \pi r^2$ ), o método proposto foi analisado, testado, como preconizado por JORDAN – 1965, através da relação  $T = 0,03 \cdot \sqrt{A} + 0,0006 \cdot A$ , que fornece o limite de tolerância em avaliações comparativas de métodos de avaliação de áreas, onde “A” é a área geométrica em metros quadrados (m<sup>2</sup>), no presente caso a área de um setor, e “T” em m<sup>2</sup> a tolerância ou diferença aceitável para mais ou para menos em determinações por quaisquer outros métodos.

PARADA, M. O. – 1968, lembra sobre a possibilidade da aplicação de probabilidade para analisar comparativamente diferentes métodos de avaliação de área, o que foi

feito, com limite aceitável de erro de 1%.

Ainda, os métodos Planímetro, Método Analítico (coordenadas polares) e Comutador de Barras foram testados estatisticamente através de duas análises de variância ONE-WAY.

A primeira análise usou como variável resposta os desvios em torno do valor estimado pela fórmula geométrica, a fim de testar a hipótese de que o método proposto não apresenta acurácia diferente dos outros métodos. A segunda usou como variável resposta os desvios em torno da média de cada método, a fim de testar a hipótese de que o método proposto apresenta precisão similar a dos outros métodos. Em ambos os casos foram feitas análises estatísticas descritivas e cálculos para o intervalo de confiança. Optou-se pela análise estatística ANOVA em função das características dos dados pesquisados a serem comparados.

O comutador de barras foi construído a custo quase zero, utilizando-se uma folha para retroprojetor (transparência), caneta com ponta de 0,1 mm com tinta especial preta. Foi elaborado com linhas verticais e paralelas (ordenadas, barras), com equidistância de 0,5 cm, formando um retângulo de 18 x 22 cm na folha transparência, e esta, quando pela determinação das áreas, sobreposta e fixada com fita adesiva à planta topográfica.

Sendo a folha do comutador de barras transparente, vê-se o perímetro da área que será avaliada e, dentro do mesmo, dispostos paralelamente, vários segmentos de retas (verticais ou barras do comutador).

Mede-se em centímetros e somam-se os dois segmentos extremos (contidos dentro do perímetro) limitantes com poligonal do terreno (um à esquerda e outro à direita), chamados de ordenadas extremas, soma esta designada por "E". Em seguida medem-se e somam-se as ordenadas internas que sobraram, tal soma designada por "I" e também em centímetros.

Como o comutador dá uma aproxima-

ção para menos, ao sobrepor-lo à área a ser avaliada, foi feito de forma que ficasse contido no perímetro o máximo de ordenadas possível e, no caso de perímetro em linha reta, se a sobreposição for feita coincidindo perímetros e barras, estas devem ser comutadas.

Uma vez escolhida a posição de sobreposição, foi mantida até o final da avaliação, para tanto utilizando-se fita adesiva que não danificasse a planta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise dos resultados obtidos descobriu-se que a área poderá ser obtida pela aplicação das relações:

$$A = \frac{\left(\frac{E}{2} + I\right) \cdot M^2}{2000} \rightarrow \text{Para áreas com}$$

perímetro somente em linhas retas.

$$A = \frac{\left(\frac{E}{1/\sqrt{5}} + I\right) \cdot M^2}{2000} \rightarrow \text{Para áreas com}$$

perímetro em linhas retas e curvas.

$$\frac{O \times M^2}{2000} \rightarrow \text{Para áreas com perímetro}$$

somente em linhas curvas.

$$A = m^2.$$

E = soma das ordenadas extremas (cm).

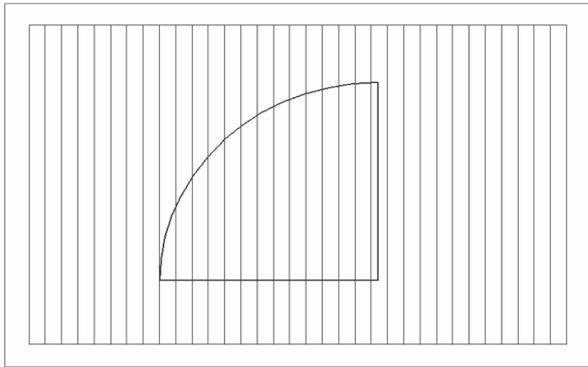
I = soma das ordenadas internas (cm).

M = valor da escala (adimensional).

O = soma de todas as ordenadas (cm).

Para desenhos cujas escalas gerem plantas maiores, a avaliação pode ser feita por partes, somadas no fim.

Os resultados médios de nove determinações (três determinações por pessoa) da área de um setor circular com 10 centímetros de raio (ilustração Figura 1), são os do Quadro 1, que serão analisados por dois métodos matemáticos e, após, também por duas variações de análises estatísticas.



**Figura 1.** Ilustração do Computador de Barras aplicado sobre setor de 10cm de raio.

**Quadro 1.** Resultados comparativos de avaliação da área experimental correspondente a um setor com 10 cm de raio. (Média de três determinações).

RECURSOS EMPREGADOS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	ERRO (%)
$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot R^2$	78,53814	“exata”
Coordenadas Polares *(CP)	78,53691	- 0,0074
Planímetro *(CC)	78,53750	- 0,0081
Computador *(Método)	78,15648	- 0,5
*Resultado médio de três aplicações dos métodos por três pessoas diferentes.		

Mais a frente a análise estatística mostra que o método proposto é bastante válido pela acuidade que apresenta. Ainda, de acordo com Jordan, C. B. (Manual do Agrimensor, 1965), para determinação do limite de tolerância no processo de

comparação realizado, o valor “T” obtido para a área experimental foi:

$$T = 0,03\sqrt{0,0078} + 0,006 \cdot 0,0078$$

$$T = 0,00265 + 0,0000046$$

$$T = 0,00266 \text{ cm}^2$$

O erro na aplicação do novo método foi:

$$\text{Área “exata” : } 0,007853814 \text{ m}^2.$$

$$\text{Área obtida pelo computador: } \frac{0,007815648\text{m}^2}{0,000038166}$$

$$\downarrow \cong \downarrow$$

$$0,0000382\text{m}^2 \text{ (erro)}$$

Sendo 0,0000382 m<sup>2</sup> bem menor que 0,00266m<sup>2</sup> (**limite de tolerância “T”**).

Ainda ao se verificar o erro a nível de 1% de probabilidade encontramos:

$$100\% \rightarrow 0,007853814$$

$$1\% \rightarrow X$$

$$X = 0,0000785 \text{ m}^2$$

Estabelecido limite de 1% máximo de erro admissível, o erro pela aplicação do método, que é de 0,0000382 m<sup>2</sup>, é menor que o erro a nível de 1% 0,0000785 m<sup>2</sup>.

### RESULTADOS ESTATÍSTICOS:

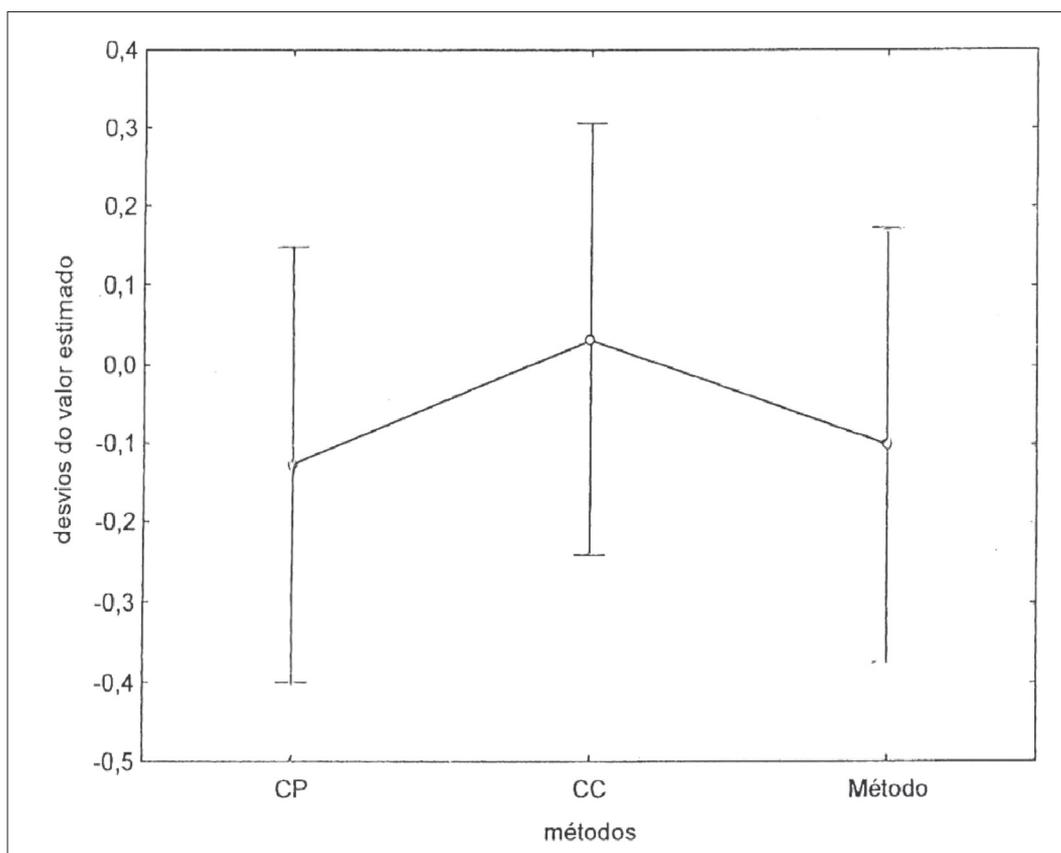
**Quadro 2.** ACURÁCIA

Métodos	Média	Intervalo de Confiança	Variância	Desvio
Cp	-0,126706	-0,388032	0,134620	0,365308
Cc	0,032148	-0,169908	0,234204	0,282455
Computador de Barras	0,101294	-0,505255	0,302667	0,564698

A ANOVA – 1 (Quadro 3) indicou que não há diferença de acurácia entre os métodos comprovadamente aceitos e o método proposto ( $F=1,7560$ ;  $P=0,667386$ )

Quadro 3. ANOVA - 1

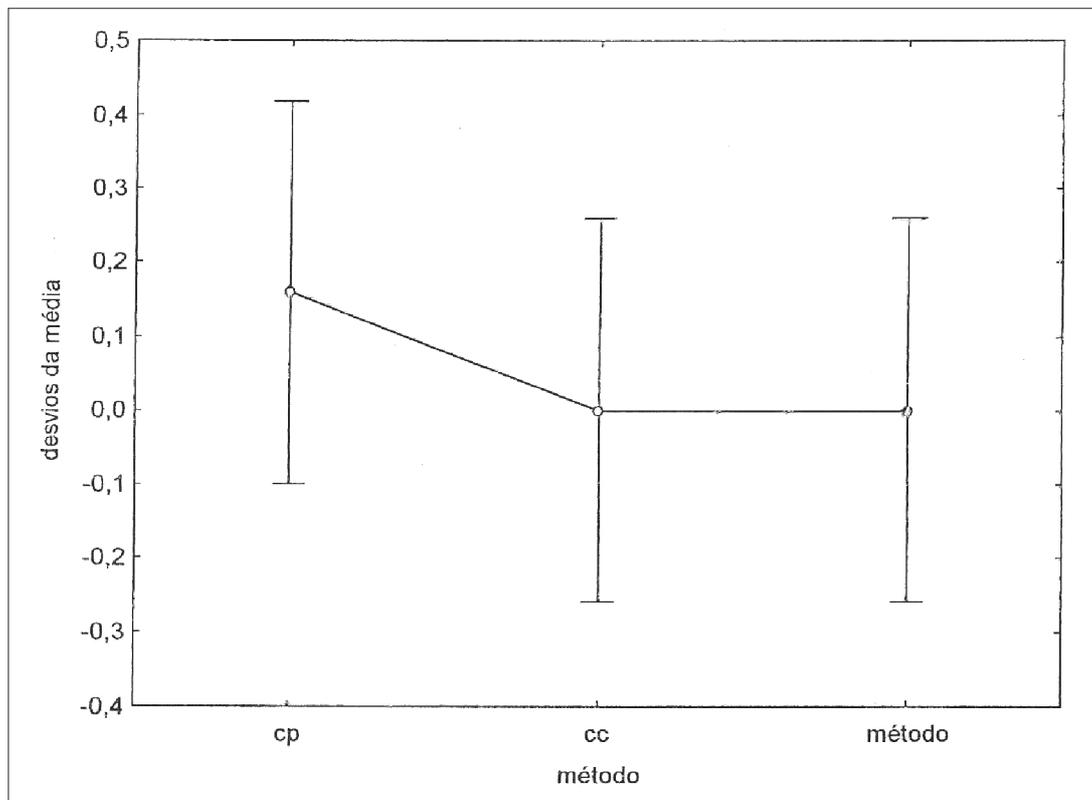
Efeito	SQ	GL	QM	F	P
Métodos	0,145624	2	0,720859	1,7560	0,667386
resíduos	4,789034	27	0,410505	x	x



**Figura 2.** Média e intervalos de confiança (0,95) dos desvios das estimativas pelos métodos Cp (coord. Polares), Cc (Planímetro) e Comutador de Barras (Método e o valor estimado pela fórmula).

Quadro 4. PRECISÃO

Método	Média	Intervalo de Confiança	Variância	Desvio
Cp	0,15886	-0,043198	0,360914	0,282455
Cc	-0,000002	-0,202058	0,202054	0,282455
Comutador de Barras	-0,000004	-0,403965	0,403957	0,564698



**Figura 2.** Média e intervalos de confiança (0,95) dos desvios das estimativas pelos métodos Cp (coord. Polares), Cc (Planímetro) e Comutador de Barras (Método e o valor estimado pela fórmula).

AANOVA-2 (Quadro 5) indicou que não há diferença de precisão entre os métodos testados contra o novo método proposto ( $F = 0,527$  ;  $P = 0,596$ ).

Quadro 5. ANOVA - 2

Efeito	SQ	GL	QM	F	P
Métodos	0,168245	2	0,084123	0,527475	0,596
resíduos	4,306013	27	0,159482	x	x

## CONCLUSÃO

A partir das propostas de análises matemáticas que estabelecem a tolerância de erro aceitável, uma pela aplicação da equação de JORDAN e outra pela análise de probabilidade a nível de 1%, bem como os testes estatísticos aplicados, chegou-se a conclusão de que o novo método proposto, Comutador de Barras, pode ser usado para avaliação de áreas a partir de plantas topográficas sem prejuízo significativo da precisão.

## BIBLIOGRAFIA

FREITAS, C. R., **Apostila de Estatística** – Editora da UFOA – Manaus – AM – 2003.

GODOY, R. – **Topografia Básica** – Editora FEALQ – Piracicaba – SP – 1988.

JORDAN, C. B. – **Manual do Agrimensor** – Editora Instituto Torroja – Madri – Espanha – 1965.

PARADA, M. O. – **Elementos de Topografia** – Editora Nagy & Filhos LTDA – São Paulo – SP – 1968.

MCCOMARC, J. – **Topografia** – Editora LTC – Curitiba – PR – 2007.