

# UTILIZAÇÃO DE IMAGENS SRTM NA CONFEÇÃO DE MAPAS POTENCIOMÉTRICOS

José Geilson Alves Demetrio<sup>1</sup>  
Lyndemberg Campelo Correia<sup>2</sup>  
Adriane de Lima Saraiva<sup>3</sup>

## RESUMO

A utilização de mapas potenciométricos é algo corriqueiro e fundamental para um hidrogeólogo. Apesar da sua simples elaboração, a obtenção das cotas dos poços, necessárias para o cálculo das cargas hidráulicas, representa uma grande dificuldade, pois, os métodos disponíveis para realizar tal tarefa são onerosos, uma vez que, envolvem trabalho de campo, equipamentos caros e pessoal especializado. Muitas vezes, principalmente, na fase preliminar de um estudo, ou em projetos mais modestos que não disponham de recursos suficientes para um nivelamento preciso, um mapa potenciométrico, mesmo que simplificado, seria de grande importância. Pensando nestas situações foram analisados dois casos, um nas proximidades da cidade de Baraúna, no Rio Grande do Norte, e outro na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe na Paraíba, para mostrar a possibilidade de se utilizar cotas obtidas em imagens SRTM na elaboração de mapas potenciométricos. A partir desses dois casos foi mostrado que mapas elaborados com essa metodologia são praticamente idênticos aos mapas elaborados a partir de nivelamentos precisos, tal como GPS, e que o erro na obtenção de cotas nas imagens é inferior a 5 metros.

## ABSTRACT

Producing and making use of hydraulic potential maps is a basic and usual job for hydrogeologists. Simple as it really is, this job requires nevertheless the measuring of the altitudes of the wells, which is very often a difficult task. The difficulty lies in that the methods usually applied are very expensive, as field work, sophisticated equipment and crew expertise are required. Such maps however, preliminary as they should be for lack of funds, are not negligible even in the initial phase of studies. Data of two case histories are analyzed, namely, the country around the city of Baraunas, in the Rio Grande do Norte State, and the Rio do Peixe Sedimentary Basin, in the Paraíba State, for testing the possibilities of using SRTM image altitudes in calculating hydraulic potentials. The data analysis showed that the error with SRTM image altitudes is less than 5 meters and that the hydraulic potential maps produced from them and from precise GPS field surveys are quite identical for practical purposes.

**Palavras Chaves:** SRTM, Potenciometria, mapas

---

<sup>1</sup> Professor Adjunto Departamento de Geologia-Laboratório de Hidrogeologia-LAHBID da Universidade Federal de Pernambuco; e-mail: [geilson@ufpe.br](mailto:geilson@ufpe.br)

<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geociência da UFPE – LABHID/UFPE; e-mail: [lyndemberg@yahoo.com.br](mailto:lyndemberg@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geociências da UFPE-LABHID/UFPE; e-mail: [annesarbr@yahoo.com.br](mailto:annesarbr@yahoo.com.br)

## 1- INTRODUÇÃO

O mapa potenciométrico é sem dúvida a principal ferramenta que o hidrogeólogo tem para estudar o fluxo de água subterrânea. Embora seja simples na sua confecção, pois, é necessário apenas conhecer a cota da superfície do terreno e a medida do nível estático do aquífero em diversos pontos. A diferença entre a cota e o nível estático nos fornece o valor da carga hidráulica do aquífero naquele ponto. A partir de uma série destas medidas, utilizando-se um programa de computador para interpolação de curvas, ou mesmo manualmente, se faz o traçado do mapa potenciométrico. Apesar dessa simplicidade há uma grande dificuldade, que é a obtenção das cotas, ou seja, o nivelamento dos poços. A dificuldade maior de se obter as cotas está mais relacionada aos custos do que a metodologia em si. Seja qual for a metodologia utilizada na obtenção das cotas, nivelamento tradicional, estação total, GPS, são processos que envolvem mão de obra especializada, tempo e equipamentos caros, daí os custos elevados. Um dos métodos mais simples, mas não menos oneroso, é o nivelamento utilizando barômetros. Este método foi utilizado sistematicamente pela Sudene para elaboração dos mapas potenciométricos das folhas do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. O erro obtido por esse tipo de nivelamento é da ordem de 3,75m (Brasil, 1972).

Nos últimos anos vêm sendo disponibilizados na Internet diversos produtos de satélite, entre eles estão as imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que fornecem a cota do terreno. Existe cobertura mundial com essas imagens, sendo que para o território americano estão disponíveis imagens com pexel de 30 x 30 metros, para o restante do mundo pixel de 90 x 90 metros. Um dos locais da Internet onde é possível baixar gratuitamente as imagens SRTM é <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. Diante dessa facilidade veio logo a questão: seria possível utilizar os dados de cotas dessas imagens para elaboração de mapas potenciométricos?

## 2- ESTUDOS DE CASOS

### 2.1 – Caso Baraúna – RN

Em 2004 o Laboratório de Hidrogeologia – LABHID, do Centro de Tecnologia e Geociências-CTG da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, realizou para a Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte um estudo de geofísica nos arredores de Baraúna-RN, no qual foram nivelados 304 poços utilizando GPS, com erro decimétrico, ou seja, abaixo de 10 centímetros (Feitosa, 2004). Na imagem SRTM da área foram marcados todos os poços e obtida suas respectivas cotas na imagem. O gráfico da figura 1 mostra a relação entre as cotas SRTM e as cotas GPS, na qual se pode constatar a boa correção linear entre elas (99%), cuja reta de ajuste tem

praticamente um ângulo de 45 graus ( $m= 0,9761304877$ ) e um deslocamento em relação ao eixo aproximadamente -1,0 metros ( $b= -1,042961488$ ).

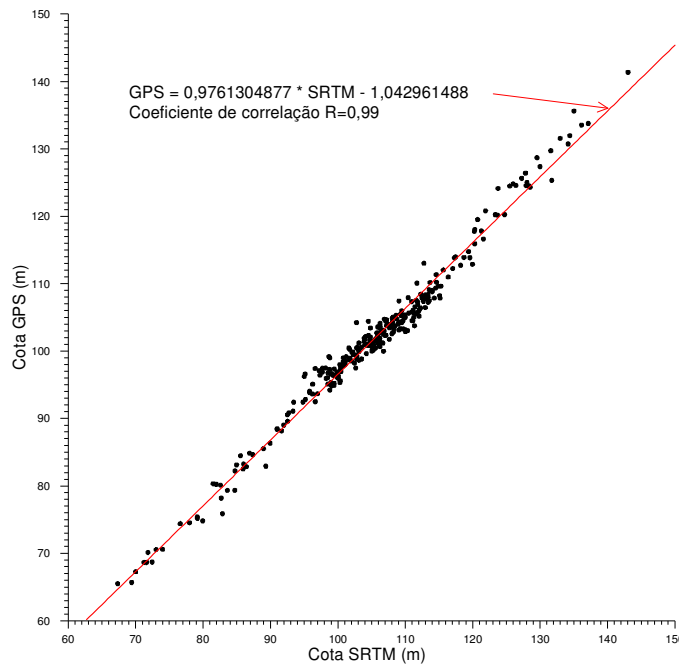


Figura 1 – Relação cota SRTM x cota GPS

A análise estatística das diferenças entre cotas SRTM e GPS mostrou um mínimo -1,47m, um máximo de 7,59m, média de 3,56m e desvio padrão de 1,67m. No gráfico da figura 2 é mostrado o ajuste das diferenças entre cotas a uma distribuição normal.

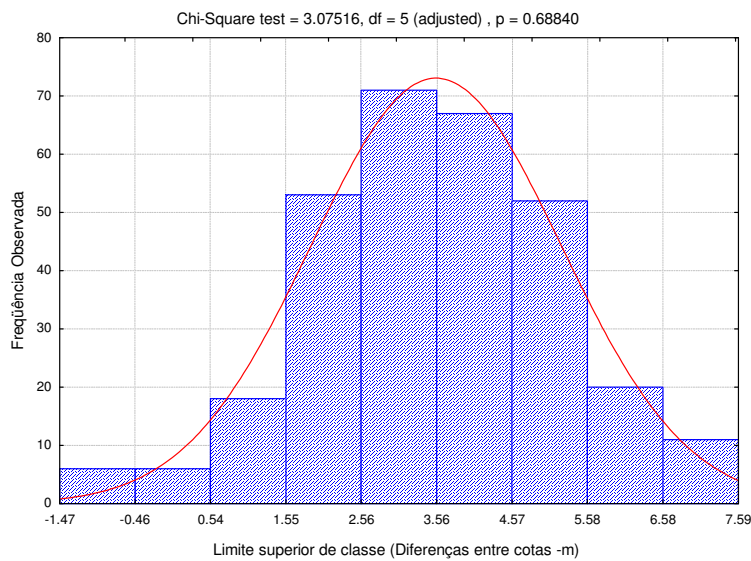


Figura 2 – Ajuste das diferenças de cotas a uma distribuição normal – Baraúna-RN

Como as diferenças entre as cotas ajustam-se muito bem a uma distribuição normal, para a diferença entre as cotas SRTM e GPS ficarem entre -2,0m e 2,0 a probabilidade é de 17,53%, entre -2,0 e 4,0 metros a probabilidade é de 60,42%, entre -2,0 e 5,0 metros a probabilidade é de 80,57% e entre -2,0 e 6,0 metros a probabilidade é de 92,77%

Dos 304 poços nivelados em 195 foram medidos os níveis estáticos em fevereiro de 2003. Para efeito de comparação visual, essas medidas de níveis estáticos foram utilizadas na preparação de dois mapas potenciométricos, apresentados na figura 3. O mapa A foi elaborado a partir das cargas hidráulicas obtidas com as cotas do nivelamento GPS e o mapa B a carga hidráulica obtida com as cotas das imagens SRTM.

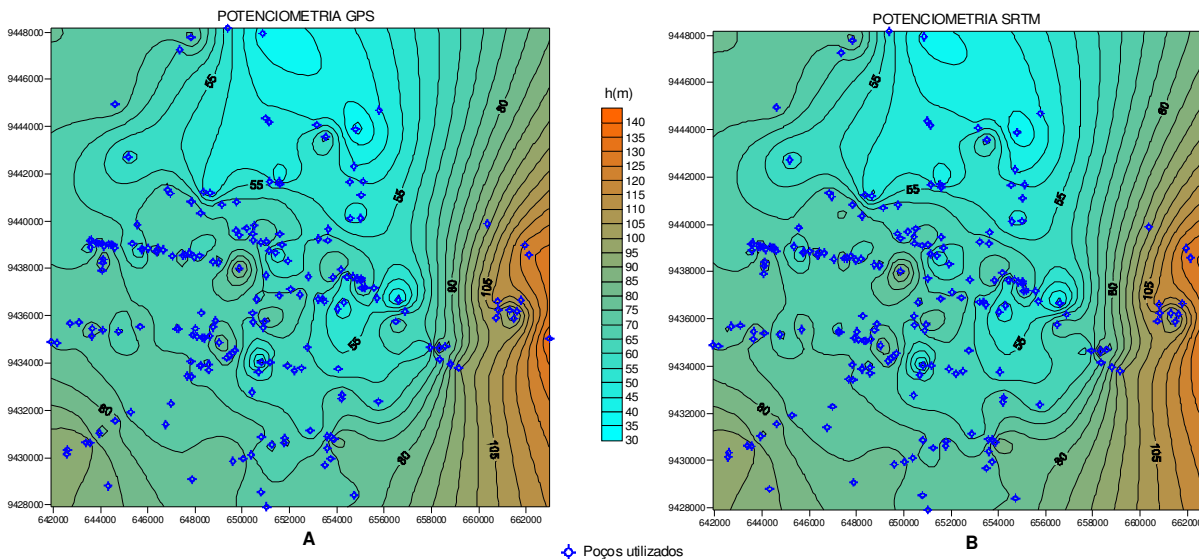


Figura 3 – Mapas potenciométricos da região de Baraúna-RN

A comparação visual dos dois mapas mostra que não há praticamente diferenças entre eles, tanto em relação aos valores das curvas, quanto às direções de fluxo, zonas de convergência e divergência de fluxo e gradientes hidráulicos. São mapas praticamente idênticos. A utilização de um mapa ou outro, em qualquer estudo hidrogeológico, se chegaria às mesmas conclusões.

## 2.2 – Caso Bacia do Rio do Peixe - PB

Atualmente está em andamento uma rede de pesquisa, apoiada pela Financiadora de Estudos e Projetos – Finep, do Ministério da Ciência e Tecnologia-MCT, constituída pelas universidades federais da Bahia, Pernambuco, Campina Grande, Rio Grande do Norte, Ceará e o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, com o objetivo de estudar algumas bacias sedimentares do semi-árido brasileiro no seu aspecto hidrogeológico. Como em qualquer estudo dessa natureza o mapa potenciométrico é fundamental. Para tanto, foi previsto no projeto o nivelamento de alguns poços, em cada uma das bacias estudadas. Como não seria possível nivelar todos os poços cadastrados começamos a buscar meios de inferir as cotas dos poços não nivelados. Aqui serão utilizados os dados obtidos na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, na Paraíba, que foram os passíveis de utilização no momento.

Neste caso foram utilizadas as cotas de 52 poços, obtidas a partir da técnica de nivelamento por GPS, levantadas pela equipe de cartografia da CPRM, com erro inferior a 10 centímetros. Dos

mesmos 52 poços foram obtidas as suas cotas utilizando imagem SRTM. A relação cota SRTM e cota GPS é mostrada no gráfico da figura 4.

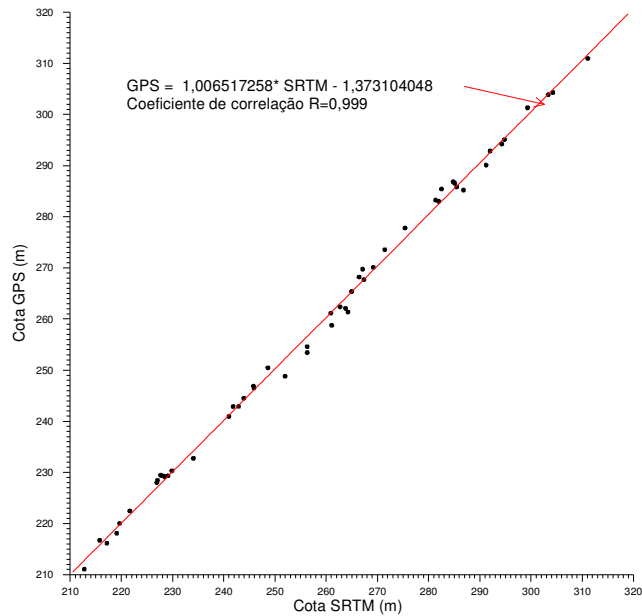


Figura 4 - Relação cota SRTM x cota GPS para a Bacia do Rio do Peixe

Tal como no caso de Baraúna, a correlação linear entre as cotas SRTM e GPS é muito boa ( $R=0,999$ ), quase 100%. Do mesmo modo, a inclinação da reta de ajuste é praticamente 45° ( $m=1,0055$ ).

A análise estatística das diferenças entre cotas SRTM e GPS mostrou um mínimo de -3,155m, um máximo de 2,898m, uma média de 0,3117m e desvio padrão de 1,459m. No gráfico da figura 5 é mostrado o ajuste das diferenças entre cotas a uma distribuição normal

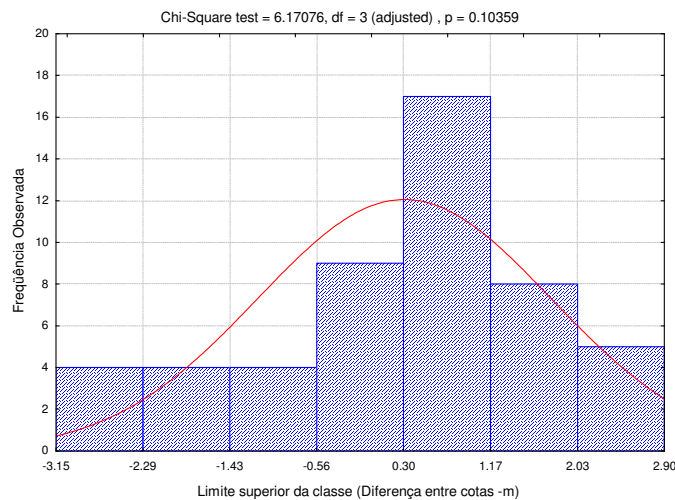


Figura 5 - Ajuste das diferenças de cotas a uma distribuição normal – Rio do Peixe-PB

Embora o ajuste não seja tão bom quanto no caso de Baraúna, pode-se considerar que os dados da Bacia do Rio do Peixe também se ajustam a uma distribuição normal. Nesse caso, para uma diferença entre as cotas SRTM e GPS ficarem entre -3,0m e 3,0 a probabilidade é de 95,61%.

Dos 52 poços, 49 tiveram os níveis estáticos medidos pela CPRM em 2005, o que possibilitou a obtenção das cargas hidráulicas, utilizando tanto as cotas GPS, quanto as cotas SRTM. A partir das cargas hidráulicas foram traçados dois mapas potenciométricos, apresentados na figura 6. No traçado desses mapas não foi verificado o posicionamento dos filtros dos poços, para identificar qual formação estava sendo captada, pois, o único interesse, aqui, foi verificar o uso de imagens SRTM.

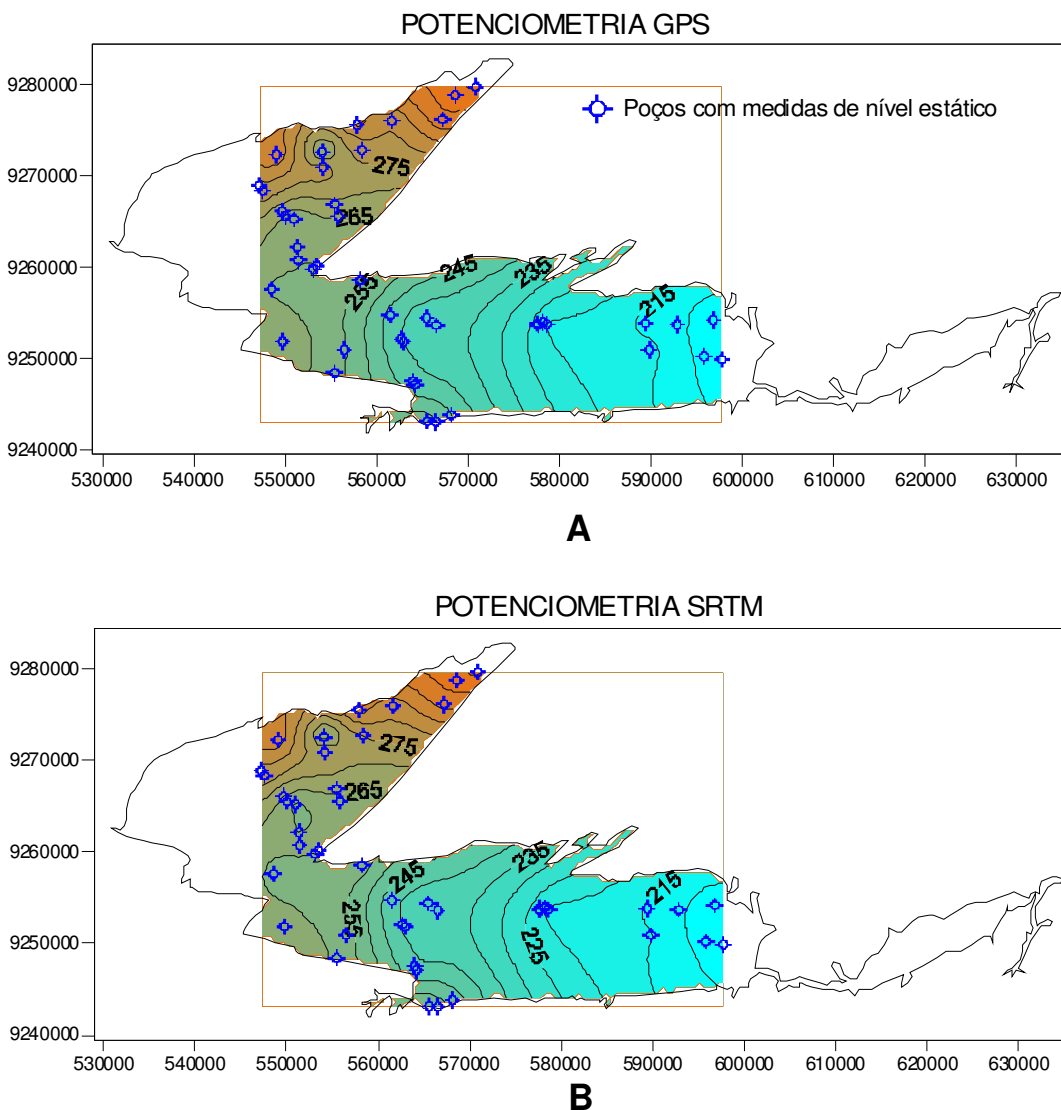


Figura 6 - Mapas potenciométricos da Bacia do Rio do Peixe-PB

O mapa A mostra a potencimetria a partir das cotas obtidas com o GPS e no mapa B a potencimetria a partir das cotas obtidas na imagem SRTM. Com se percebe, os mapas são

praticamente iguais. Tal como no caso de Baraúna, as interpretações feitas com o mapa A ou o B seriam as mesmas.

### **3- COMENTÁRIOS**

Conforme os dois casos estudados, os dados de altitude das imagens SRTM pode ser utilizados como uma boa aproximação para elaboração de mapas potenciométricos, ou qualquer outro tipo de mapa que dependa da altitude. Porém, um cuidado fundamental tem que ser tomado na utilização dessas imagens, é o referencial. É importante observa que as coordenadas dos poços estejam referenciadas ao mesmo datum da imagem. Caso isto não seja observado os erros podem ser superiores a 10 metros, o que inviabilizaria a utilização das cotas obtidas na imagem.

Foi observado que as cotas obtidas nas imagens SRTM são aquelas correspondentes às altitudes registradas nas cartas altimétricas, ou seja, em relação ao geóide. Quando se usa as cotas em relação ao elipsóide as diferenças entre cota GPS e STRM chegam a mais de 20 metros, dependendo do local.

Apesar da boa aproximação entre os mapas potenciométricos elaborados utilizando nivelamento de precisão e os elaborados utilizando dados de imagem SRTM, não se que aqui afirmar que não se precisa mais fazer nivelamento de campo, mas, apenas mostrar que o hidrogeólogo dispõe de uma ferramenta muito boa, simples e grátis, na elaboração de seus mapas preliminares ou para fazer as primeiras avaliações, ou para recomendar detalhamento de estudos.

Como dito na introdução desse trabalho, o pixel das imagens SRTM disponíveis para Brasil é de 90 metros. Nos dois casos estudados os poços utilizados estavam distantes um do outro mais de cem metros. Assim, não se sabe qual o nível de precisão para pontos com distâncias inferiores a 90 metros.

### **4- CONCLUSÕES**

Conforme demonstrado, tanto pelos cálculos estatísticos como na visualização dos mapas, nos dois casos estudados, os erros cometidos na utilização das cotas obtidas em imagens SRTM são inferiores a 5 metros, compatível com os erros do nivelamento barométrico, sendo assim, é possível utilizar essas cotas na elaboração de mapas potenciométricos preliminares.

### **5 – AGRADECIMENTOS**

À Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte que possibilitou o levantamento dos dados na região de Baraúna.

A CPRM pelo levantamento e cessão dos dados da Bacia do Rio do Peixe.

A Financiadora de Estudos e Projetos – Finep/MCT, pelo apoio ao atual projeto de pesquisa no qual a equipe de pesquisadores do Laboratório de Hidrogeologia do CTG/UFPE está engajada, cujos trabalhos motivaram a elaboração desse artigo.

## **6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRASIL. Sudene – *Elementos de Hidrogeologia Prática*, Recife – PE, 2ª edição, Série Hidrogeologia Nº 13, 353p., 1972

FEITOSA, E. C. – *Serviços de Geofísica e Nivelamento de Poços numa Área Situada nos Arredores da Cidade de Baraúna-RN*, SERHID-RN, Relatório Técnico Inédito, Recife, abr/2004.