

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
Convênio Cooperação Canadá-Brasil

# PROJETO ÁGUA SUBTERRÂNEA NO NORDESTE DO BRASIL

## RELATÓRIO DE VIAGEM

Workshop em Natal e Trabalhos de Campo no Rio  
Grande do Norte e Pernambuco

Autor: Alexandre César Monteiro

Rio de Janeiro - RJ  
Julho - 2000

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Assuntos Abordados Durante o Workshop</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Trabalhos de Campo</b>	<b>2</b>
3.1	Campo no Rio Grande do Norte . . . . .	2
3.2	Campo em Pernambuco . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Perfis Realizados Utilizando o Equipamento EM-34</b>	<b>7</b>
4.1	Interpretação dos Perfis Realizados . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Conclusões</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>15</b>

## Lista de Figuras

1	Pessoal no campo no RN, ao fundo vê-se um poço produtivo encaixado na zona de falha . . . . .	3
2	Trabalho no campus da UFRN . . . . .	3
3	Dessalinizador no lugarejo de Samambaia, município de Custódia PE . . . . .	5
4	Poço seco na cidade de Cruzeiro do Nordeste - PE . . . . .	6
5	Dique transversal ao curso da drenagem . . . . .	6
6	Figura esquemática da aquisição de dados de EM através de dipolos magnéticos . . . . .	8
7	Foto mostrando a aquisição através de dipolo magnético horizontal . . . . .	9
8	Foto mostrando a aquisição através de dipolo magnético vertical	10
9	Gráficos dos dipolos vertical e horizontal para abertura de 40 metros . . . . .	11
10	Gráficos dos dipolos vertical e horizontal para abertura de 20 metros . . . . .	12
11	Gráficos dos dipolos horizontais para aberturas de 20 e 40 metros	13

# 1 Introdução

O presente relatório aborda de maneira sucinta as etapas envolvidas durante a minha viagem ao nordeste do Brasil, especificamente aos estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte, onde foi realizado um *workshop* seguido de trabalhos de campo nos estados citados.

O *workshop* denominado de “*Applications of Geophysics in Groundwater Studies*” aconteceu na cidade de Natal durante os dias 14, 15, 16 de junho e foi proferido pelos geofísicos Gilein Steensma e Richard Kellet da empresa Canadense **Komex International Ltd.**

Os trabalhos de campo visaram a utilização do equipamento Geonics EM-34 utilizado para, basicamente, fornecer a condutividade aparente dos materiais em subsuperfície, e por conseguinte, a detecção de possíveis estruturas armazenadoras de água.

Além da parte técnica, foram realizadas visitas a vários poços em diversas áreas da região de estudo, visando o contato com as comunidades locais no sentido de se entender as necessidades destas com respeito a água, e assim proceder a escolha da área piloto onde será realizado o levantamento aéreo com o método eletromagnético previsto neste projeto.

## 2 Assuntos Abordados Durante o Workshop

Todo o *workshop*, obviamente, concentrou-se em torno dos métodos geofísicos utilizados para prospecção de água subterrânea em todos os tipos de ambientes geológicos de uma forma ou de outra presentes no nordeste do Brasil. Além deste tema também foi discutido brevemente o aspecto social com que deve ser tratado o assunto. No último dia as instituições participantes mostraram os trabalhos desenvolvidos nesta área. Nestas reuniões foi distribuído um “resumo” em inglês dos assuntos abordados pelos geofísicos “Canadenses”<sup>1</sup>, e no final houve um proveitoso debate a respeito das dificuldades e peculiaridades de se locarem poços produtivos em ambientes fraturados no embasamento cristalino do nordeste do Brasil, onde o método geofísico predominantemente utilizado pelas instituições presentes tem sido a clássica eletrorresistividade e secundariamente o método eletromagnético VLF. A UFC (Universidade Federal do Ceará) segundo informações do professor Dr. Mariano Castelo Branco dispõe de equipamento igual ao utilizado nos trabalhos de campo (Geonics EM-34), entretanto nenhum trabalho específico com este equipamento foi apresentado pela UFC.

## 3 Trabalhos de Campo

A seguir são descritas as atividades desenvolvidas no campo. Este trabalho, embora ilustrado com fotos, não está localizado através de mapas, visto que estas áreas foram escolhidas pela UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte) e pela SUREG-RE, as quais possuem todas as informações a respeito das respectivas áreas.

### 3.1 Campo no Rio Grande do Norte

Neste estado foram visitadas duas áreas próximas, na região do município de Santa Cruz, zona do agreste nordestino. Na primeira a interpretação geológica é a de que a drenagem se encaixa na foliação da rocha visto que esta tem direção concordante com a drenagem e as fraturas lhe são ortogonais. Na segunda desconfia-se das duas situações visto que a drenagem a montante está “encaixada na foliação” e a jusante após interceptar uma zona de cisalhamento a mesma segue a direção preferencial desta zona. Na foto 1, é

<sup>1</sup>Embora a empresa seja Canadense os técnicos são da Holanda e Nova Zelândia.



Figura 1: Pessoal no campo no RN, ao fundo vê-se um poço produtivo encaixado na zona de falha

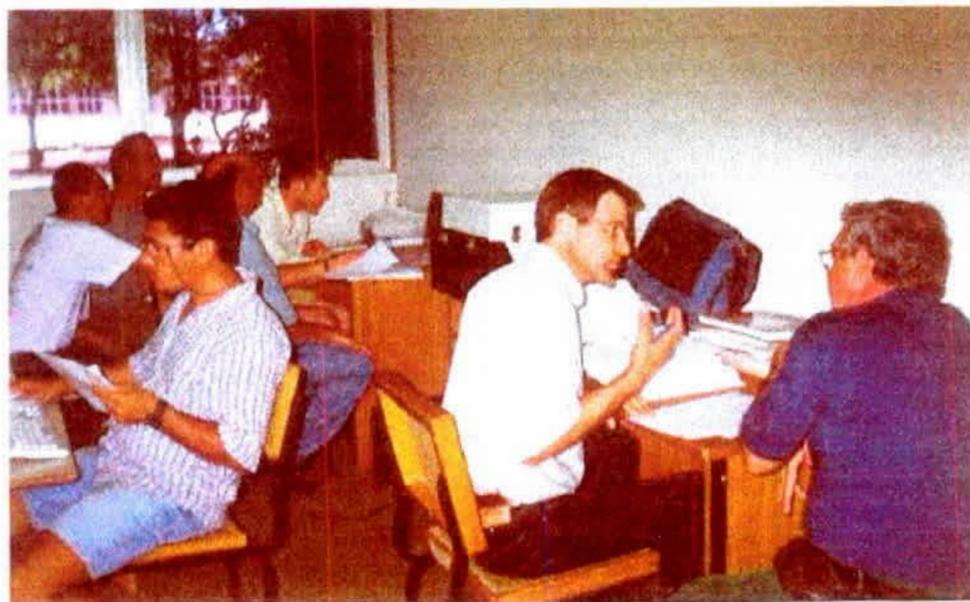


Figura 2: Trabalho no campus da UFRN

possível ver a região onde o leito deste riacho muda de direção, este ponto está assinalado na foto no local aonde está um poço produtivo com o seu “catavento” para bombeamento. Apesar desta ambientação geológica, o trabalho se voltou mais para apresentar aos professores e alunos da UFRN a sistemática da coleta de dados de EM, com aquele tipo de equipamento. No último dia em Natal todos os participantes dos trabalhos de campo foram ao campus da UFRN para avaliarmos os resultados obtidos, foto 2. Como um dos objetivos desta viagem era a escolha de uma área piloto em cada estado, para a realização do levantamento aéreo com EM, foram escolhidas pela UFRN três potenciais áreas para detalhamento as quais foram submetidas à secretaria de recursos hídricos daquele estado para que a partir das carências sociais fosse escolhida uma destas áreas, o que acabou acontecendo através de uma reunião com a presença do Professor Dr. Walter Medeiros da UFRN, e do Dr. Yvon Maurice da CIDA, em conjunto com os técnicos daquela secretaria.

### **3.2 Campo em Pernambuco**

Em Pernambuco as atividades de campo desenvolveram-se dentro de uma área de um projeto da CPRM que já vem sendo desenvolvido a algum tempo no vale do rio Moxotó no sertão Pernambucano. Este projeto já conta com toda a base cartográfica disponível inclusive na forma digital. No primeiro dia de campo foram visitadas várias localidades, com diferenças no sentido geológico e no aspecto social, assim sendo, além da ambientação geológica local foi possível ter contato com as necessidades mais prementes das comunidades com respeito a água.

Como exemplo desta parte social vemos na foto 3, um dessalinizador na localidade de Samambaia no município de Custódia-PE, onde o equipamento fica no interior do pequeno galpão à direita da foto, e na esquerda da foto encontra-se o “bebedouro” público, o qual os moradores da localidade para usufruir deste bem comum, devem adquirir fichas ao custo de 10 centavos cada para obterem 10 litros de água. Até este ponto nada demais, a única e invariável situação observada em todos os poços desta região é o descaso das autoridades municipais com estes poços, pois sempre ou o dessalinizador está enguiçado ou a bomba que traz água dos poços está enguiçada, ou ambos estão fora de uso. Este ano como foi um ano de chuvas, a população ainda possui água dos açudes para consumo, porém conforme o ano avança os estoques d’água tendem a se esgotar agravando a situação.



Figura 3: Dessalinizador no lugarejo de Samambaia, município de Custódia PE

Na foto 4 vemos um poço atualmente seco, (pequeno galpão da foto) perfurado a vários anos em Cruzeiro do Nordeste, e que no local onde estão as pessoas, na foto, foi perfurado recentemente um poço pela equipe contratada pelo apresentador Ratinho do SBT, e também revelou-se seco.

Este exemplo mostra como é importante estudos sistemáticos da dinâmica da água subterrânea em aquíferos fraturados, visto que um poço que já foi produtivo por algum tempo hoje encontra-se totalmente esgotado devido a razões desconhecidas. Deve-se salientar que neste mesmo local um tambor d'água custa R\$ 4,00 e que uma família de baixa renda, em torno de 6 pessoas, quando possui recursos compra 4 tambores semanais, ou seja cerca de 800 litros por semana.

Por se tratar de uma região semi-árida o pacote de solo de alteração é muito fino assim muitas vezes os poços são perfurados diretamente sobre os afloramentos nas zonas fraturadas, que são identificadas em fotografias aéreas, o que leva a se buscar estruturas naturais para o aprisionamento de água subterrânea. Na foto 5 vemos um dique de diabásio que poderia vir a funcionar como uma barreira subterrânea.

Após a visita regional, foi escolhida a área entre os lugarejos denominados de Caiçaras e Samambaia para a aquisição de dados com o equipamento EM-34 e também para o levantamento aéreo. Esta área foi escolhida pelo aspecto social por se tratar de uma região que possui uma população aproximada de dois mil moradores que possuem dificuldades sérias com o abastecimento d'água, e pelo aspecto técnico porque esta área é uma micro região contendo

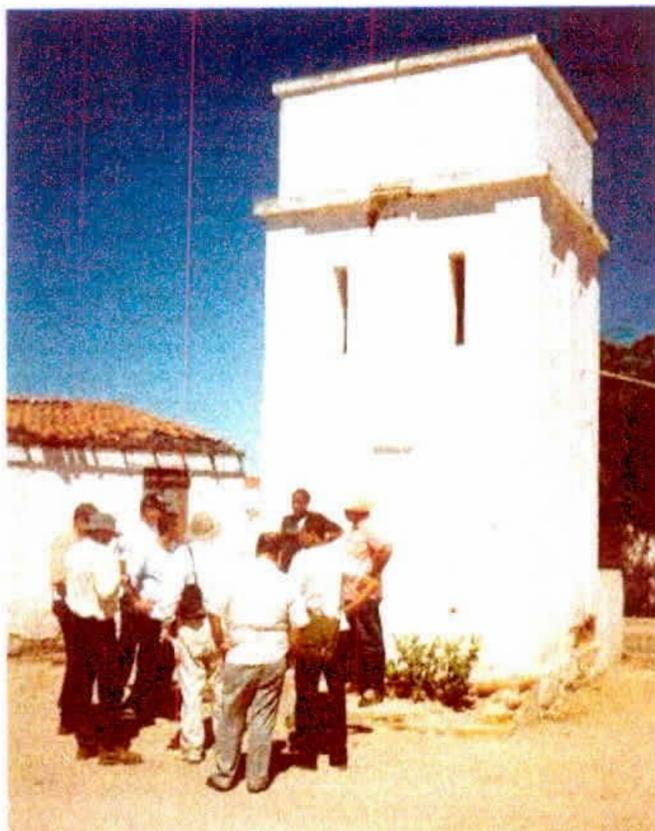


Figura 4: Poço seco na cidade de Cruzeiro do Nordeste - PE



Figura 5: Dique transversal ao curso da drenagem

uma sub-bacia de drenagem cujo principal membro é tributário do rio Mototó. Além disso, nesta área existem poços perfurados em zonas de fraturas com vazões de  $8 \text{ m}^3/\text{h}$ , o que é considerado bom nesta região, e poços secos também perfurados em zonas fraturadas sem que se saiba a causa exata deste problema, assim a geofísica aérea aliada com o detalhamento da geofísica terrestre e mais o bom conhecimento da geologia estrutural da área, irão fornecer subsídios para se entender o mecanismo de movimentação da água subterrânea nesta micro região, podendo-se então extrapolar-se para bacias de drenagens maiores e mais complexas no nordeste. A área a ser voada, provavelmente em novembro de 2000, compreende um polígono em torno de  $100 \text{ km}^2$ . Antes desta data ficou acertado com a SUREG-RE que será feito um detalhamento desta área no mapeamento geológico e estrutural, e também será feita uma atualização no cadastro de poços.

#### **4 Perfis Realizados Utilizando o Equipamento EM-34**

O uso de eletrorresistividade com os eletrodos cravados no chão em áreas com a superfície extremamente resistiva, dificultam por sobremaneira a penetração do fluxo de corrente desaconselhando a utilização deste método, além é claro do esforço necessário para realização deste tipo de levantamento. De maneira geral o menor espaçamento utilizado entre as bobinas, em muitas das variações do método (EM), em relação a eletrorresistividade, permite uma melhor resolução espacial quando este método é utilizado na forma de caminhamento. Em muitos casos o reconhecimento de uma área é feito com EM e então as técnicas convencionais de sondagem através de eletrorresistividade são utilizadas no detalhamento (McNeill, 1990).

O equipamento EM-34 mede diretamente a condutividade aparente através de duas bobinas afastadas a distâncias conhecidas (10, 20 e 40 m), estas duas bobinas são uma o transmissor (Tx) e a outra o receptor (Rx), as frequências de trabalho variam conforme a distância entre Tx e Rx, e já vêm fixadas de fábrica. A precisão do aparelho chega a  $0.01 \text{ mS/m}$  (mili-Siemens por metro). O funcionamento do equipamento a grosso modo segue o seguinte raciocínio, que vale para todas as variantes dos métodos eletromagnéticos:

Quando um campo eletromagnético é produzido na superfície da terra, correntes irão fluir nos materiais condutores em subsuperfície de acordo com

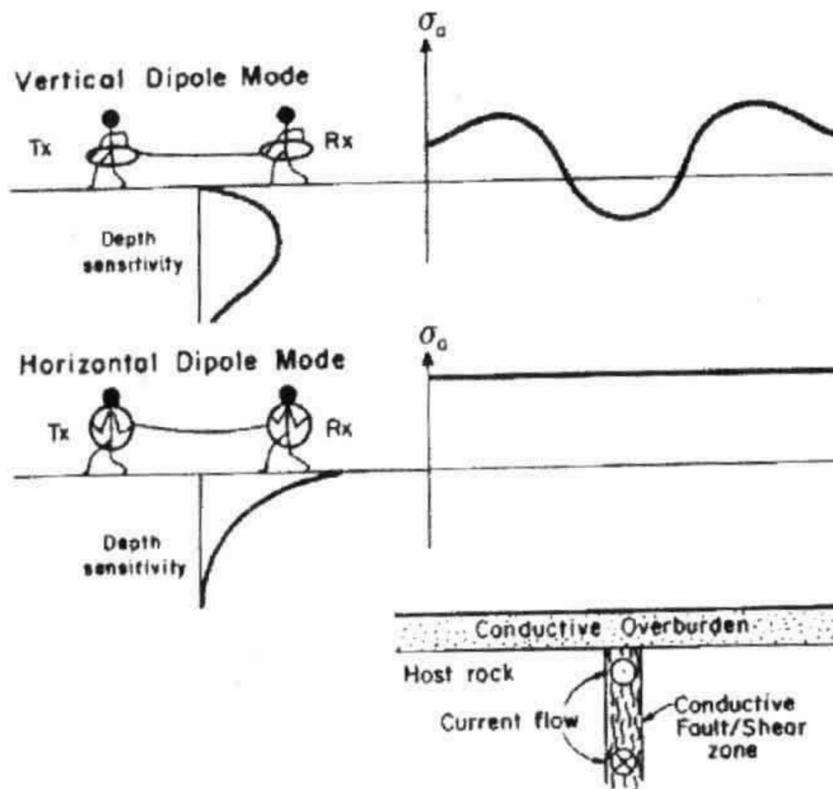


FIG. 11. Ground conductivity meter response over conductive dike. Depth sensitivity varies with coil orientation as shown. Vertical dipole mode maximizes response to conductive dikes.

Figura 6: Figura esquemática da aquisição de dados de EM através de dipolos magnéticos

as leis de indução eletromagnética. Estas correntes possibilitam o surgimento de um campo eletromagnético secundário que modifica o campo total observado em um ponto qualquer da superfície. Em geral o campo resultante o qual é detectado através da bobina receptora, irá diferir da intensidade do campo primário (conhecido através da bobina transmissora) em intensidade, fase e direção e revelará a presença de condutores (Parasnis, 1997).

Na figura 6, vemos os dois modos de aquisição de dados através de dipolos magnéticos possíveis com este equipamento, a saber dipolos vertical e horizontal. Nesta mesma figura também é possível notar através dos gráficos esquemáticos que a orientação das bobinas irá influenciar na profundidade de investigação do método, que de modo geral corresponde a 0.75 do espaçamento entre as bobinas para o dipolo horizontal e 1.5 desta mesma



Figura 7: Foto mostrando a aquisição através de dipolo magnético horizontal

abertura para o dipolo vertical. Ainda é possível notar que o dipolo horizontal não consegue detectar a estrutura condutora devido a sua menor profundidade de investigação.

Ao todo foram feitos 6 caminhamentos com o EM-34 sendo 4 no Rio Grande do Norte e 2 em Pernambuco, destes apenas o primeiro no RN utilizou as 3 aberturas possíveis (10, 20 e 40 metros), os demais foram com aberturas entre 20 e 40 metros. Uma sondagem com o EM-34 foi feita em PE a título de demonstração para analisar um poço perfurado em zona de fratura que entretanto mostrou-se seco.

Nas fotos 7 e 8, vemos a aquisição para os dois tipos de dipolos possíveis com o EM-34, deve ser aqui comentado que a presença de cercas de arame bem como linhas energizadas afetam os valores obtidos, devendo a aquisição ser feita o mais afastado possível destas fontes de ruído cultural.

#### 4.1 Interpretação dos Perfis Realizados

O trabalho de interpretação preliminar feito durante a viagem foi meramente qualitativo, visto que os técnicos “Canadenses” só dispunham de um programa de inversão de dados de EM de domínio público fornecido pelo USGS, e que não funcionou com os nossos dados adquiridos no campo. Duas reuniões foram feitas para análise destes dados, uma no RN e outra em PE, a primeira na UFRN (foto 2) foi bastante interessante pois pôde-se integrar os dados de EM com as sondagens elétricas realizadas no mesmo local, a segunda em PE foi mais para analisarmos a qualidade dos dados em função dos ruídos citados



Figura 8: Foto mostrando a aquisição através de dipolo magnético vertical

anteriormente do que propriamente para interpretação. No mais, devido ao pouco tempo disponível para a interpretação, e sendo esta uma viagem de reconhecimento das áreas para os “Canadenses”, é recomendável aguardarmos a interpretação final através do relatório que estes enviarão futuramente, visto que os dados estão em poder deles.

Todavia alguns comentários acerca dos perfis obtidos no campo podem ser feitos. As figuras 9 e 10 mostram dois perfis executados em Caiçaras, sobre o mesmo local com diferentes aberturas, estes perfis mostram que foram feitos através de uma possível zona fraturada, em função do dipolo horizontal entre os 200 e 350 metros para abertura  $AB = 40$  metros, e entre os 150 e 250 metros para  $AB = 20$  metros, apresentarem um ponto de máximo na condutividade, isto aliado ao fato de o dipolo vertical nestas mesmas regiões mostrar-se bastante perturbado, tendo a forma de uma anomalia típica de zona fraturada (condutora) com um ponto de mínimo associado a dois pontos de máximo laterais (ver figura 6). O deslocamento posicional dos pontos de máximo dos dipolos horizontais para  $AB = 20$  e  $40$  metros (ver figura 11) pode significar uma fratura mergulhando para oeste (direita do perfil) visto que este perfil foi feito de leste para oeste, ou seja a distância zero corresponde a extremidade leste do perfil. Esta interpretação baseia-se no fato da profundidade de investigação da abertura entre bobinas de 40 metros ser maior do que a abertura de 20 metros. A condutividade menor para a

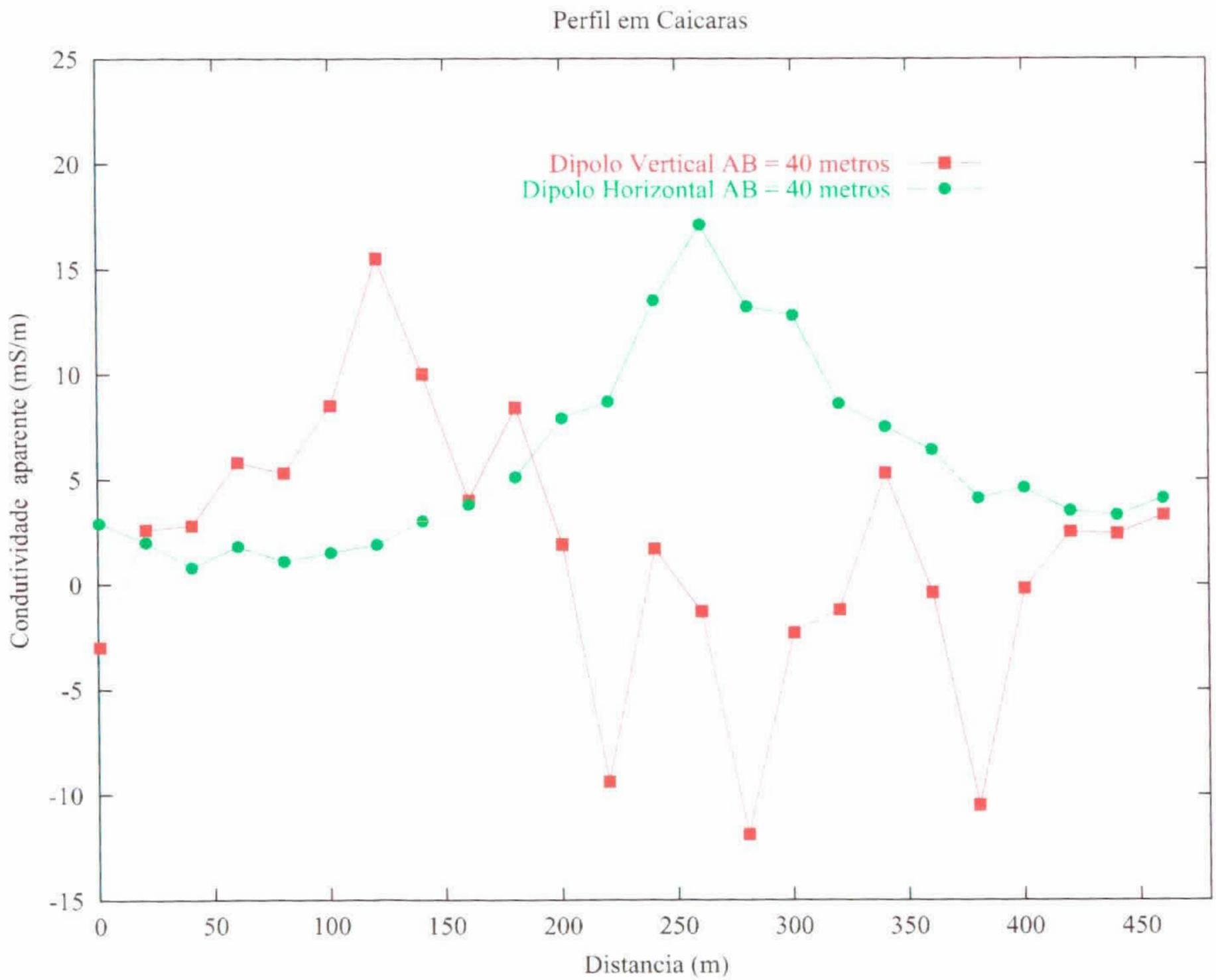


Figura 9: Gráficos dos dipolos vertical e horizontal para abertura de 40 metros

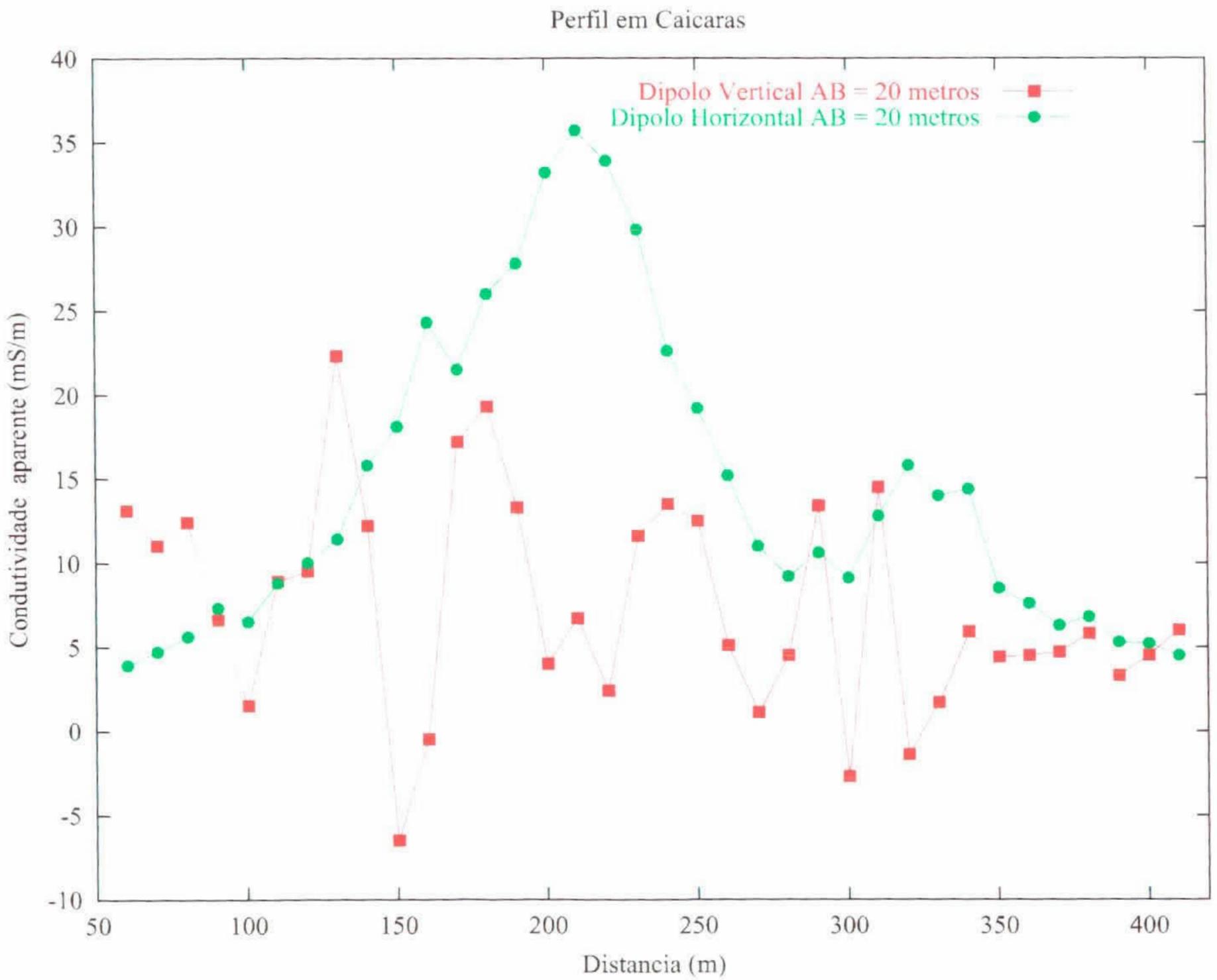


Figura 10: Gráficos dos dipolos vertical e horizontal para abertura de 20 metros

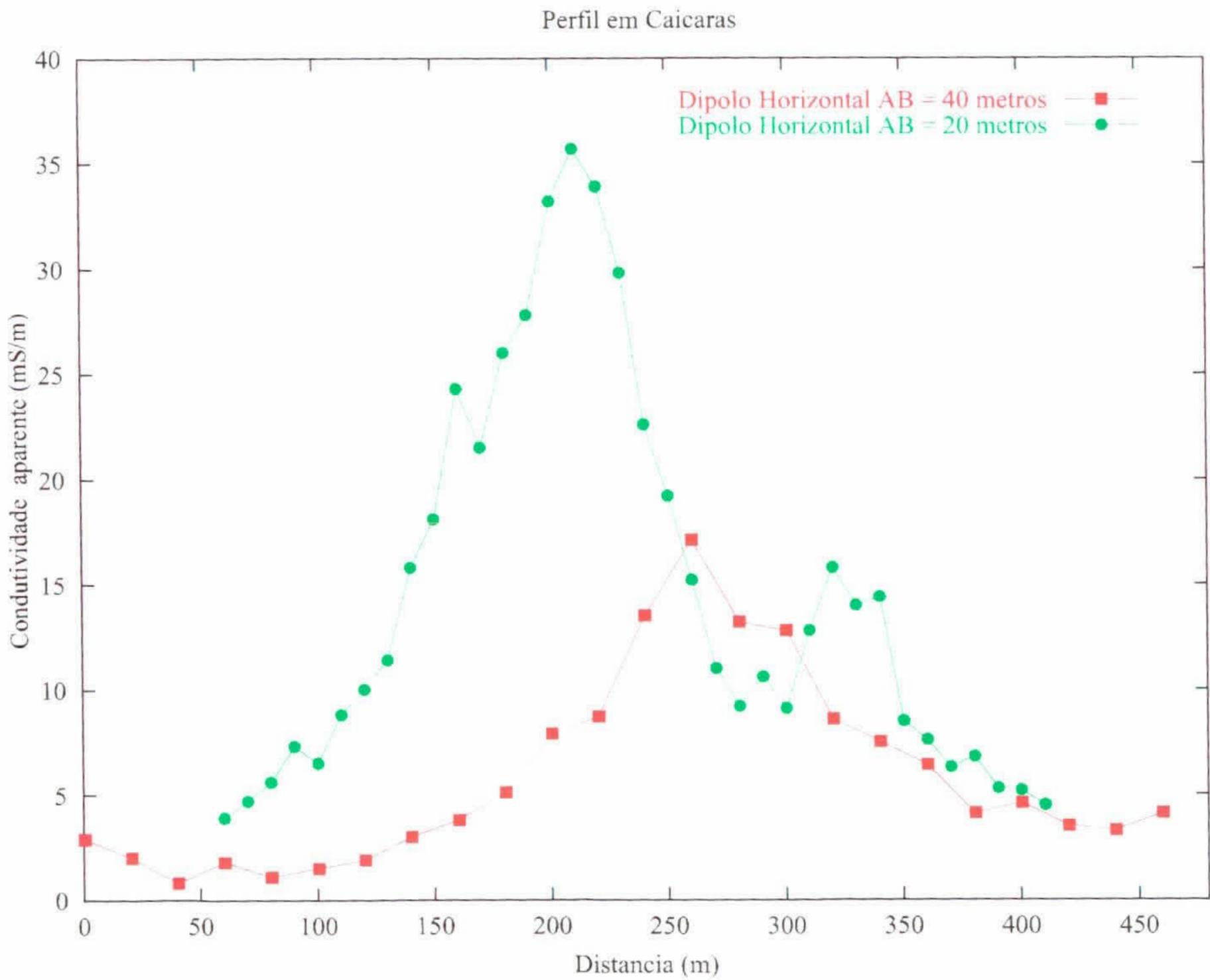


Figura 11: Gráficos dos dipolos horizontais para aberturas de 20 e 40 metros

abertura de 40 metros é explicada por já estar sendo investigado, neste ponto porções do embasamento não alterado.

## 5 Conclusões

O *workshop* e os trabalhos de campo mostraram que a solução do problema d'água nas áreas de embasamento cristalino passa necessariamente por um mapeamento estrutural detalhado, associado com utilização da geofísica como ferramenta de busca de zonas anômalas (condutoras), visto que invariavelmente a água subterrânea contida neste tipo de ambiente geológico possui alto teor de sais dissolvidos, sendo a geofísica indispensável para a detecção de fraturas preenchidas com água.

Estão previstos levantamentos em 3 áreas distintas, utilizando helicóptero, com o método eletromagnético para detalhamento das áreas. As áreas situam-se nos estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará. O espaçamento entre as linhas de vôo, por se tratarem de áreas de detalhe, aproximadamente 100 km<sup>2</sup>, será de 100 metros no Rio Grande do Norte e Pernambuco, e de 250 metros no Ceará, o que permitirá recobrir uma área maior. Quanto as direções de linhas de vôo, em cada área deverá ser estudada a melhor direção para que se possa detectar os fraturamentos com a maior precisão possível, devendo esta decisão ser tomada com auxílio das pessoas que possuem conhecimento da geologia das áreas.

A questão da validade ou não da utilização da geofísica aérea, com este tipo de método, para água subterrânea, pode ser encarada de duas formas. O primeiro ponto a considerar é que na literatura existem poucos casos onde se empregou geofísica aérea especificamente para água subterrânea, assim não se pode afirmar que trata-se de um procedimento corriqueiro para prospecção de água subterrânea. Por outro lado, esta forma de atacar este problema por não ser o modelo tradicional, poderá vir a ser uma nova e eficaz técnica de prospecção de água subterrânea, o que além de ajudar na solução da carência da água para o nordeste, irá se traduzir em dividendos para a companhia, por esta encontrar-se envolvida num projeto onde há o desenvolvimento de novas metodologias de prospecção.

## 6 Referências Bibliográficas

- McNeill, J. D., 1990, Use of Electromagnetic Methods for Groundwater Studies, *In* SEG, Investigations in geophysics - Geotechnical and Environmental Geophysics: Academic Press-San Diego. 5.
- Parasnis D. S., 1997, Principles of Applied Geophysics: Chapman & Hall, London.431 pg.
- Steensma G., & Kellett R., 2000, Short Course: Applications of Geophysics in Groundwater Studies: **Komex International LTD. 52p. not published.**