



Perfilagem geotérmica como ferramenta auxiliar na prospecção de água subterrânea

Priscila Noronha Serra; * Rutenio Luiz Castro de Araujo & João da Silva Carvalho

* DEGEO – Universidade Federal do Amazonas

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The present work consists of the analysis of the results gotten through geothermal, electric and radiometric line drawings. The objective is to correlate the geothermal method with other traditionally used geophysical methods in the underground water prospecting, in order to show that the geothermal method can also be used with efficiency as a geophysical tool to assist in the underground water prospecting.

Resumo

O presente trabalho consiste na análise dos resultados obtidos através de perfilações geotérmicas, elétricas e radiométricas, com o escopo de correlacionar o método geotérmico com outros métodos geofísicos tradicionalmente empregados na prospecção de água subterrânea, a fim de mostrar que o método geotérmico pode ser, também, utilizado, com eficiência, como ferramenta geofísica auxiliar na prospecção de água subterrânea.

Introdução

A preocupação com a preservação dos reservatórios subterrâneos tem se constituído no principal motivo pela procura de novas técnicas que causem o menor impacto possível ao meio ambiente. A fim de evitar perfurações indiscriminadas sem nenhum estudo prévio, tornou-se indispensável o uso de métodos geofísicos na prospecção de água subterrânea. Sendo alguns, em particular, já empregados em estudos ambientais, principalmente aqueles que podem determinar fontes difusoras de poluição em potencial.

A geotermia vem ganhando um destaque especial dentre os estudos sobre fontes alternativas de energia e condições climáticas do globo terrestre. No âmbito do fluxo térmico terrestre, destacamos a importância dos estudos da geotermia rasa, tais como definições de zonas de aquífero em poços tubulares, ferramenta auxiliar na prospecção radiogênica, história climática de uma região, influência das perturbações térmicas diurnas e sazonais etc. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo principal correlacionar perfis geotérmicos com outros perfis geofísicos, a fim de verificar a possibilidade do método geotérmico ser utilizado como ferramenta de prospecção geofísica para águas subterrâneas e demais estudos hidrogeológicos.

Contexto Geológico da Área Onde Foram Perfurados os Poços

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram escolhidos dois poços distribuídos aleatoriamente na região metropolitana de Manaus (AM).

A cidade de Manaus está assentada sobre a formação geológica Alter do Chão. Localmente, constitui-se essencialmente de arenitos médios a grossos, arcossianos, caulinizados, conglomerados de arcabouço aberto e pelitos subordinados.

Trabalhos realizados pela PETROBRÁS (Caputo *et al.*, 1972.), Daemon & Contreira 1971 e Daemon (1975) e pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (Damião *et al.*., 1972; ao longo de praticamente toda extensão das Bacias do Amazonas e Solimões, contribuíram consideravelmente com informações que tornaram possível uma melhor definição do ambiente deposicional e nomenclatura estratigráfica para a Formação Alter do Chão.

Litologicamente é constituída por sedimentos continentais avermelhados, predominantemente arenitos, argilitos e conglomerados depositados em ambiente fluviolacustre (Caputo *et al.*, op. cit. ; Daemon, op. cit. e Cunha *et al.*, 1994).

Perturbações nos Valores da Temperatura Decorrentes da Atividade de Perfuração

Há uma série de fatores que dificultam a obtenção de um valor preciso do gradiente geotérmico. Durante a atividade de perfuração, grande quantidade de fluido é introduzida no poço, para resfriamento das hastes e da broca. A temperatura e as características deste fluido variam segundo a profundidade do furo, objetivo da perfuração, tipo de rocha etc. A perturbação da temperatura causada pela atividade de perfuração não é desprezível, dependendo da temperatura e do volume total do fluido empregado, da duração da perfuração e de outros fatores de menor relevância. Este distúrbio pode se propagar para as regiões circunvizinhas do furo e persistir por um longo período. Segundo Bullard (1947), a temperatura T_0 , a uma distância a das paredes do furo, no término da perfuração, é dada por:

$$T_0 = (Q/4\pi \lambda) [1n(4k t_1 / a^2) - 0,577] \quad (1)$$

onde:

Q: fluxo de calor proveniente do furo devido a perfuração;

λ : condutividade térmica das formações rochosas;

k: difusibilidade térmica;

t_1 : tempo gasto na perfuração.

A temperatura T das paredes do furo, no instante t é dada por:

$$T = (Q / 4 \pi \lambda) \ln (1 + t_1 / t) \quad (2)$$

onde:

t - tempo transcorrido após o término da perfuração.

Usando-se as equações 1 e 2 obtém-se uma relação que descreve o decréscimo dessa perturbação com o tempo:

$$\frac{T}{T_0} = \frac{\ln (1 + t_1 / t)}{\ln(4 k t_1 / a^2) - 0,577} \quad (3)$$

Bullard (1947) afirma que um furo retorna às suas condições de equilíbrio térmico, com uma margem de variação de mais ou menos 1%, num tempo t da ordem de $10 t_1$. Os valores de temperatura medidos com $t = 3 t_1$ estão dentro de uma margem de tolerância de apenas $0,05^\circ \text{C}$ (Lachenbruch & Brewer, 1959).

Jaeger (1961), estudando o fluxo de calor que atravessa as paredes de um furo, concluiu que, para quantidades de água relativamente pequenas usadas durante o processo de perfuração, o gradiente geotérmico retorna ao seu valor de equilíbrio em um curto intervalo de tempo. Portanto, as medidas podem ser efetuadas, satisfatoriamente, dois dias após o término da perfuração. Nas perfurações com brocas rotativas que empregam grandes quantidades de lama, a temperatura do fluido de refrigeração é o fator preponderante. Esta conclusão, entretanto, somente é válida para formações impermeáveis. Se existe perda de fluido no furo ou um movimento substancial de águas subterrâneas, as condições podem ser completamente diferentes.

Conforme Araujo (1999) e Araujo (1987), é possível a obtenção de um gradiente geotérmico confiável, atinente às seções inferiores do furo, apenas decorrido cerca de seis horas após o término das atividades de perfuração.

Metodologia

A finalidade da perfilagem geofísica antes do revestimento do furo é avaliar as suas reais potencialidades, identificando as formações geológicas e os limites das zonas consideradas aquíferas.

Neste trabalho foram empregados quatro tipos específicos de perfilagem: Potencial Espontâneo (SP), Resistividade Elétrica e Radiação Gama, efetuadas em uma única manobra, onde todas as informações obtidas são enviadas automaticamente a um computador portátil; a Geotérmica foi a última perfilagem a ser realizada, pois foi executada com um aparato diferente do anterior. Como resultado obteve-se um perfil gráfico que serviu de base para se estabelecer o perfil litológico do poço.

Correlação dos Perfis Geofísicos

Os perfis geofísicos obtidos expressam os resultados das sondagens geotérmicas, espectrometrias gama e elétricas.

Para a determinação dos intervalos com potencial de aquífero, foram confrontados os quatro tipos de

perfilagens geofísicas empregados nesta pesquisa: Potencial Espontâneo (SP), Resistividade, Espectrometria Gama e Geotérmica.

Nos perfis estabelecidos (Figuras 1 e 2) foram identificadas as unidades geológicas, individualizando seus topos e bases nas respectivas profundidades.

A partir da análise dos perfis obtidos pelos métodos convencionais de prospecção, SP, Resistividade e Gama foi possível delimitar os horizontes considerados promissores:

Perfil GA-01

Horizontes promissores: 37-48 metros; 52-95 metros; 105-110 metros; 130-135 metros; 140-144 metros.

Perfil GA-02

Horizontes promissores: 26-38 metros; 42-50 metros; 74-84 metros.

Resistividade. Observa-se, de um modo geral, que as águas das formações diminuem a sua resistividade com a profundidade. Os argilo-minerais não são eletricamente isolantes, pois conduzem superficialmente bem a corrente elétrica, dando origem a um excesso de condutividade ou a diminuição da resistividade. Este fato é atribuído ao aumento significativo na concentração de sais. Sabendo-se que a resistividade de uma solução é uma propriedade inversamente relacionada à presença de sais nas mesmas, verificamos então que quanto mais sais (dissolvidos ou ionizados) em uma solução, maior a sua condutividade e menor a sua resistividade.

Potencial Espontâneo (SP). Os perfis de SP têm uma importância qualitativa. As deflexões das curvas do SP, a partir da linha base dos folhelhos, são atribuídas a uma movimentação iônica e/ou fluida, o que confere às camadas identificadas um caráter permeável.

Raios Gama. Nos aquíferos que apresentam uma radioatividade maior no topo com uma diminuição gradativa até sua base, geologicamente, esta gradação poderá ser interpretada como sendo uma granodecrescência ascendente (aumento do teor de finos para o topo, ou seja, na base está a fração areia, mais grossa, menos radioativa). A situação inversa será, portanto, uma granodecrescência descendente (fração grossa no topo, fração fina na base, mais radioativa). Tais granodecrescências poderão conduzir à interpretação de eventos regressivos ou transgressivos, a ambientes deposicionais etc (Feitosa & Filho, 1997).

Perfilagem Geotérmica. Analisando os perfis registrados nas figuras 1 e 2, observamos a ausência de gradiente geotérmico em determinados intervalos de profundidade, o que identifica possíveis intervalos de aquíferos. Estes perfis são perfeitamente correlacionáveis com os convencionais utilizados nesta pesquisa. A ausência de gradiente geotermal representa uma homogeneização da temperatura, conforme pode ser observada nos intervalos delimitados como aquíferos da figura 1 (intervalos: 58-68 metros; 98-100 metros; 104-110 metros; 142-144 metros).

No perfil da figura 2, os gradientes geotérmicos estão mais alterados em função da retomada do equilíbrio térmico. As variações do gradiente geotérmico podem ser explicadas pelas características dos litotipos perfurados. A invasão do fluido de perfuração nos poros das rochas contribui para as alterações do gradiente geotérmico. Para que essa influência pudesse ser corrigida, deveria ter sido esperado um determinado tempo para que fosse executada a perfuração geotérmica. Entretanto, em função do cumprimento do cronograma das atividades da empresa perfuradora, não foi possível aguardar o tempo necessário para que cessasse toda a influência da perturbação ocasionada pelo processo de perfuração.

Conclusões

A vantagem da correlação entre perfis geofísicos é a visualização de todas as características petrofísicas, em profundidade, dos aquíferos, facilitando o posicionamento de seções filtrantes que vão compor as zonas de captação de água em um poço tubular.

Como a perfuração desequilibra o ambiente térmico nas camadas geológicas, o retorno ao equilíbrio, após esta operação, requer um determinado intervalo de tempo. Desse modo a perfuração geotérmica deve ser a última a ser executada no furo.

As técnicas empregadas por este trabalho na prospecção de água subterrânea forneceram bons resultados. A correlação de dados geofísicos e geológicos foi amplamente satisfatória.

Os resultados aqui apresentados mostram que a perfuração geotérmica pode ser utilizada, com excelente resultado, na prospecção auxiliar de água subterrânea.

Agradecimentos

Externamos nossos sinceros agradecimentos à Universidade Federal do Amazonas e à Empresa Só Poços Ltda.

Referências Bibliográficas

ARAUJO, R.L.C. (1999) Contribuição da Geotermia Rasa aos Estudos Ambientais. Editora da Universidade do Amazonas, Manaus (AM), 86 pg.

ARAUJO, R. L. C. Geotermia Rasa em Belém. Tese de Doutorado. Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, 149p, 1987.

BULLARD, E. C. The Time Necessary for a Borehole to Attain Temperature Equilibrium. Monthly Notices Royal Astronomical Society. Geophysics Suppl. 5: 127-130, 1947.

CAPUTO, M.V; RODRIGUES, R. & VASCONCELOS, D.N.N. Nomenclatura estratigráfica da bacia do Amazonas – histórico e atualização. Anais 26º Congr. Bras. Geol., Belém (PA), V.3, p.36-46. 1972.

CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. D. F. e FEIJÓ, F. J. Bacia do Amazonas. Bol. Geociências, PETROBRAS, Rio de Janeiro (RJ), 8(1):47-55. 1994.

DAEMON, R. F. Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas. Rev. Bras. Geociências, SBG, Rio de Janeiro (RJ), 5(2):78-84. 1975.

DAEMON, R. F. & CONTREIRAS, C. J. A. Zoneamento paleogeográfico da Bacia do Amazonas. PETROBRAS, Rel. Interno, Belém (PA), 1971.

DAMIÃO, R. N.; SOUZA, M. M. & MEDEIROS, M. F. Projeto Argila Manaus. Relatório Final. DNPM/CPRM, Manaus (AM), v.1, 1972.

FEITOSA, F. A. C. & FILHO, J. M. Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações. CPRM. 412p, 1997.

JAEGER, J. C. The Effect of The Drilling Fluid on Temperatures Measured in Boreholes. Journal of Geophysical Research, 66 (2): 563-569, 1961.

LACHENBRUCH, A. H. & BREMER, M. C. Dissipation of the Temperature Effect in a Well in Arctic Alaska. U.S. Geol. Surv. Bull. 1083-C: 73-190, 1959.

VIEIRA, L. C. Análise Faciológica da Formação Alter do Chão (Cretáceo-Terciário) na Região de Manaus-AM. In: Congr. De Iniciação Científica (2º CIC-ASSER), São Carlos, 1997. Anais de Resumos...São Carlos – SP, p.166. 1997.

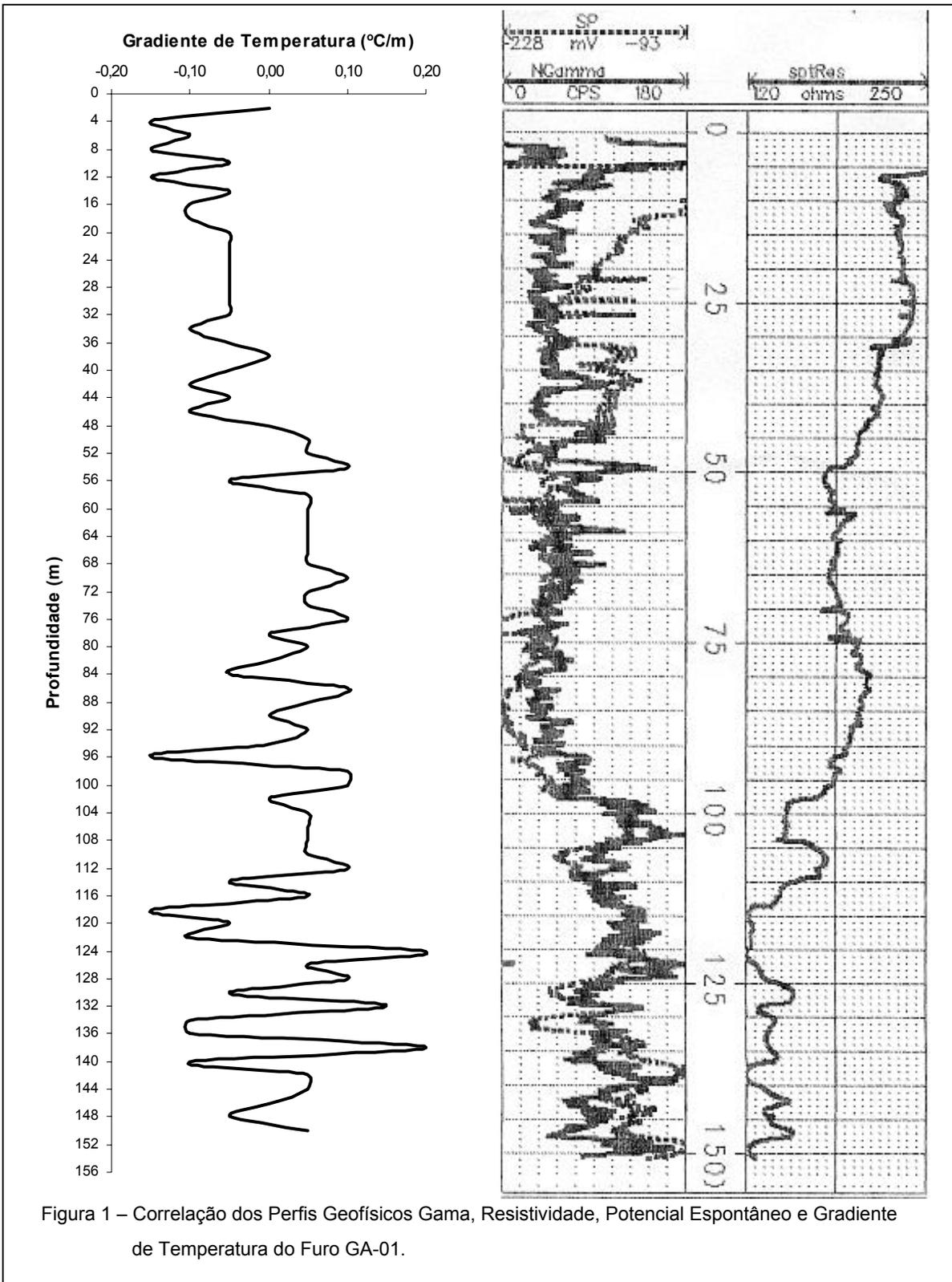


Figura 1 – Correlação dos Perfis Geofísicos Gama, Resistividade, Potencial Espontâneo e Gradiente de Temperatura do Furo GA-01.

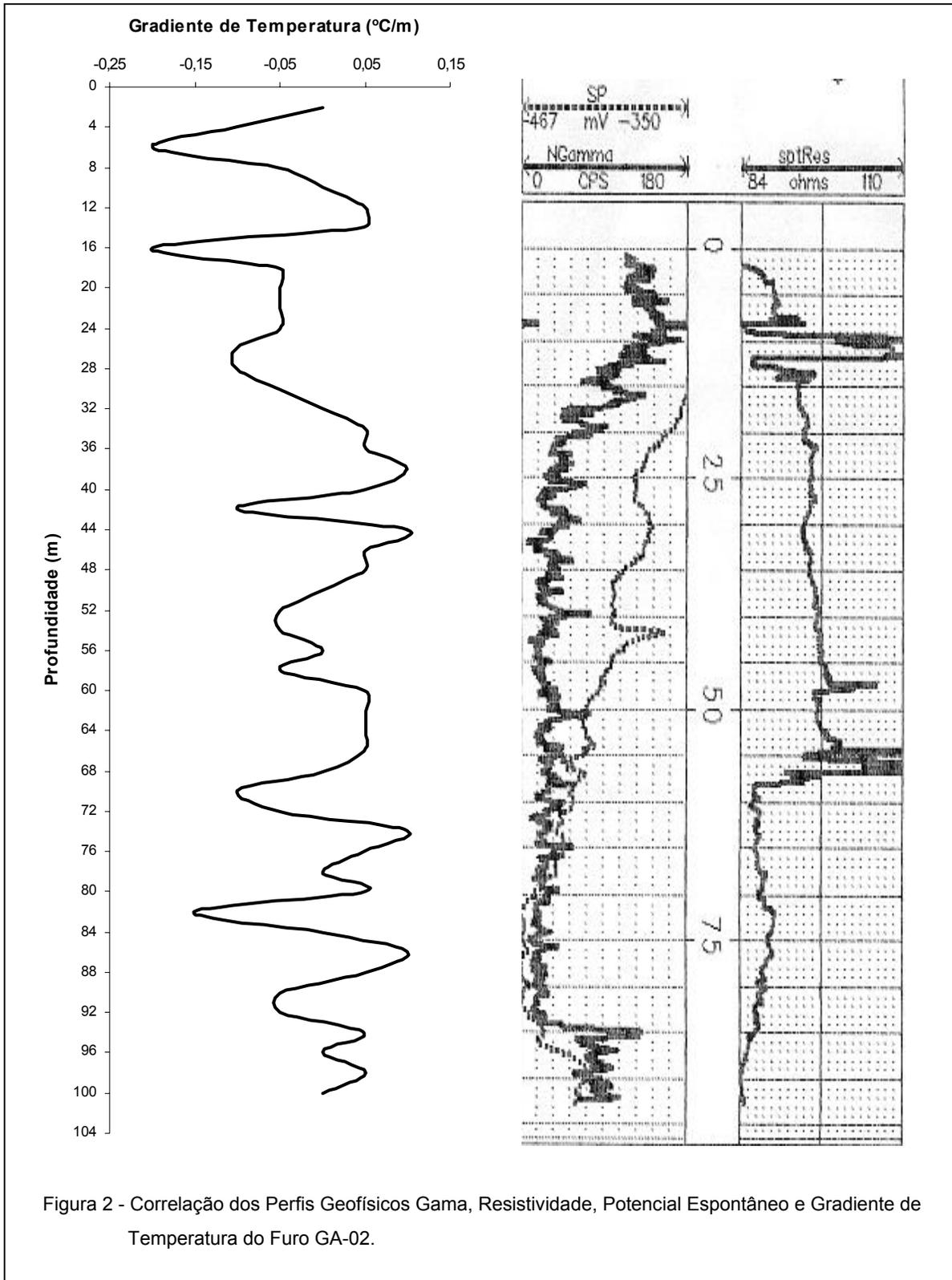


Figura 2 - Correlação dos Perfis Geofísicos Gama, Resistividade, Potencial Espontâneo e Gradiente de Temperatura do Furo GA-02.