



Correção da Amplitude do Sinal Ultra-sônico usando os Coeficientes de Efeito do Ângulo de Incidência e da Distância em Dados Reais

Valquíria Macedo¹, Brígida Rocha¹ e Stefan Luthi²

¹Departamento de Engenharia Elétrica e da Computação, Universidade Federal do Pará, Brazil.

²Department of Applied Earth Sciences, Delft University of Technology, The Netherlands

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 represent 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

We use experimentally obtained correction curves, which are largely a function of the angle of incidence, to correct for reflected amplitudes of ultrasonic borehole images in cases of oblique incidence. We use a model-driven approach in which we first calculate the surface of the borehole at every point of the measurement using the transit time and the mud velocity. We then fit a local surface to it and calculate the local angle of incidence. An average correction curve is used to correct the amplitude to what it would be under normal incidence. This method is tested on selected intervals from a well in Alaska, and shows promising results. An additional correction for increased travel times is also possible.

Introdução

A varredura ultra-sônica, efetuada com a ferramenta UBI (Ultrasonic Borehole Imager, Marca registrada da Schlumberger), fornece uma imagem acústica de alta resolução do poço (Luthi, 2001). No entanto, esta imagem sofre de deficiências se a forma do poço não é um cilindro perfeito, porque a onda refletida só volta parcialmente ao transdutor/receptor. O método proposto neste trabalho usa, simultaneamente, as informações de tempo de trânsito e amplitude do sinal refletido. Trabalhos anteriores utilizaram apenas uma das medidas. Priest (1997) propõe o deslocamento do ponto de reflexão para incidência não ortogonal, técnica usada em sísmica, para corrigir as medidas de amplitude. Menger (1994) propõe um método puramente estatístico que consiste na correção de centralização através da normalização da amplitude na direção azimutal.

No método proposto neste trabalho, são considerados o meio de propagação, a caracterização do feixe, através do campo irradiado pelo transdutor, a dependência do sinal recebido com o ângulo de incidência e a influência da geometria do transdutor no sinal refletido (Macedo et al., 2003a, b).

A partir de dados experimentais, foi realizada a validação do modelo de propagação de ondas acústicas em meios dispersivos e com incidência oblíqua (Macedo, 2002).

A ferramenta ultra-sônica opera no modo pulso-eco, ou seja, o transdutor é usado como um transmissor na

transmissão de um pulso na direção de um objeto, e como um receptor ao receber o eco ou sinal refletido pelo objeto (transceptor). O transdutor da ferramenta é geralmente focalizado. A diferença entre focalizado e não-focalizado está basicamente na forma do feixe emitido pelo transdutor. No caso não-focalizado, o feixe emitido espalha-se radialmente devido a difração, e tem uma largura que aumenta com a distância. Já o transdutor focalizado, devido a sua superfície esférica, produzirá um feixe acústico focalizado próximo ao seu centro de curvatura, com uma excelente definição transversal e alta intensidade. Para este caso, foi aplicado o modelo de dispersão validado experimentalmente (Macedo et al., 2003a) considerando-se as especificidades próprias dos transdutores focalizados. Os resultados obtidos para a correção das amplitudes do sinal foram então aplicados a dados de campo obtidos em vários poços diferentes. Verificou-se uma boa resposta na correção das imagens, levando a melhorias na interpretação geológica dos sinais.

Método de Correção

As figuras 1 e 2 mostram as curvas, elaboradas em Macedo et al. (2003b) que serão utilizadas para as correções de amplitude considerando o efeito do ângulo de incidência e o efeito da distância do transdutor até a parede do poço, respectivamente.

Para ângulos absolutos de incidência superiores a 11 graus, o sinal recebido é predominantemente dominado pelo ruído e a correção será a mesma, isto é, todos os ângulos que estiverem nesta faixa serão considerados como sendo iguais 11 graus.

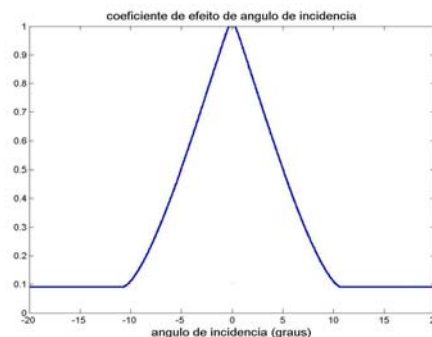


Figura 1 – Coeficiente de efeito de ângulo de incidência

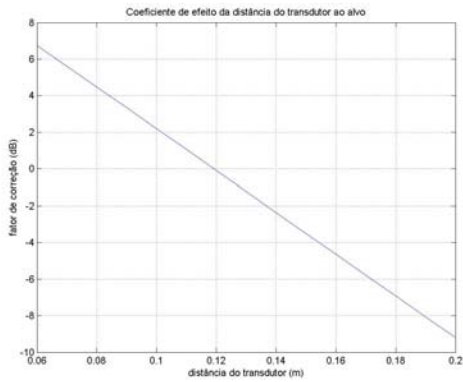


Figura 2 – Coeficiente de efeito da variação da distância

Para a determinação da curva do coeficiente de efeito da variação da distância, foi utilizada a equação de campo de um transdutor focalizado.

Exemplos

A seguir, são apresentados os conjuntos de dados reais obtidos em poços, nos quais foi realizada a correção da amplitude do sinal, considerando-se os efeitos do ângulo de incidência e da distância do transdutor até as paredes do poço

Poço 1

A Figura 3 apresenta os dados de tempo de trânsito de um poço com ovalização e arranhões de uma ferramenta com patins, provavelmente um centralizador com seis molas, e a Figura 4 apresenta a forma do poço reconstituída a partir das informações de tempo de trânsito.

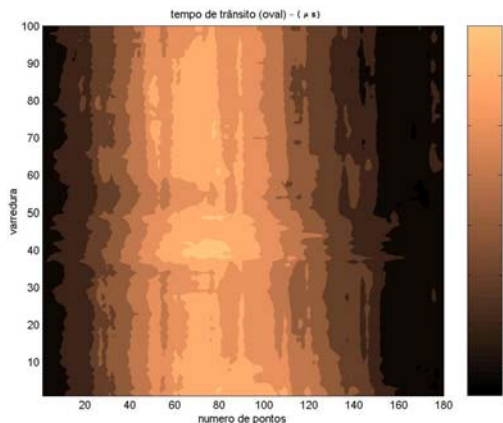


Figura 3 - Poço 1: tempo de trânsito (cores mais escuras significa tempos maiores)

A Figura 5(a) mostra os ângulos de incidência calculados, a partir da forma do poço, e na Figura 5(b) está apresentada a varredura no meio do intervalo (profundidade 58) mostrando a condição de ovalização do poço (Luthi, 2001).

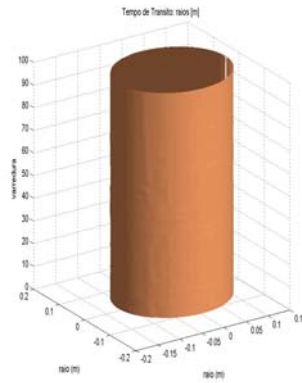
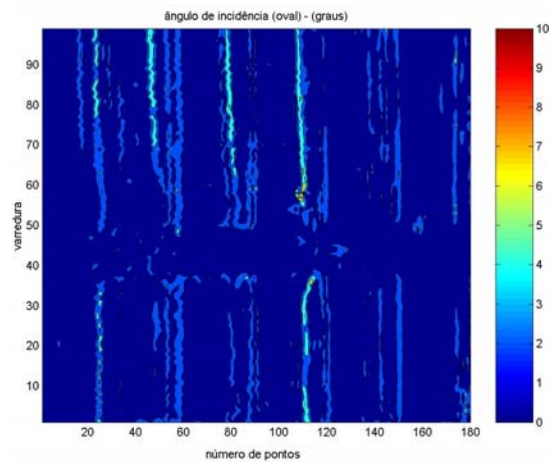
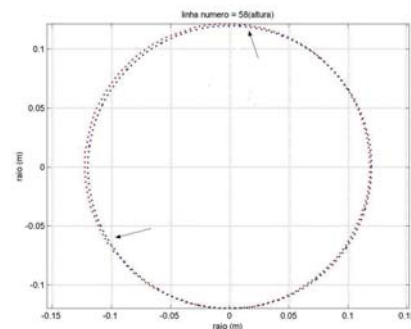


Figura 4- Poço 1: forma do poço reconstruída

É possível observar, na Figura 5(a), as marcas verticais das seis molas do centralizador da ferramenta, fazendo com que os ângulos de incidência sejam mais altos nas margens destas fendas. No entanto, o efeito da ovalização é fraco uma vez que causa ângulos de incidência que são pouco diferentes da normal. Só ocorrem dois máximos fracos do ângulo de incidência, indicados pelas setas na Figura 5(b).



(a)



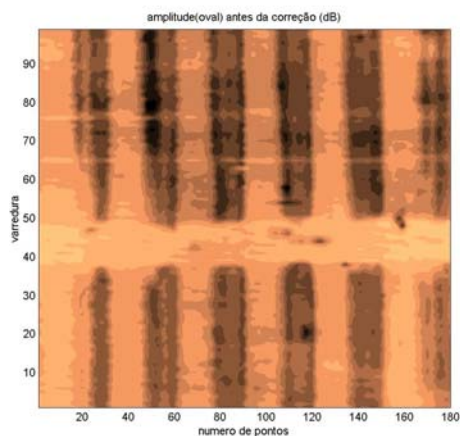
(b)

Figura 5 - Poço 1: (a) ângulo de incidência; (b) condição de ovalização

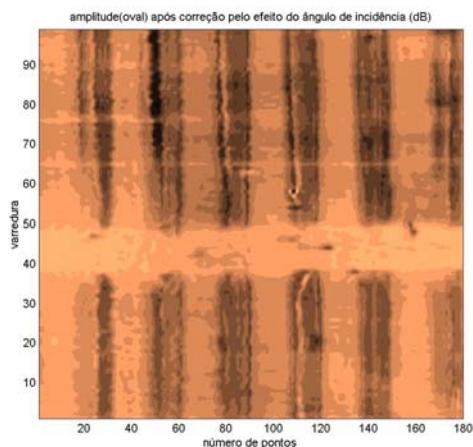
Os dados de amplitude foram corrigidos usando-se as curvas apresentadas nas figuras 1 e 2. A Figura 6 apresenta os dados de amplitude antes da correção e corrigidos separadamente pelo efeito do ângulo de incidência e pelo efeito da distância. É possível observar, na Figura 6(a), agora nos dados de amplitude, as marcas das molas, que já eram bastante visíveis nos ângulos de incidência. A correção dos baixos valores de amplitude, associados a variações do ângulo de incidência causados pela ovalização do poço, é bastante visível na Figura 6(b), após as correções pelo efeito do ângulo de incidência. Observa-se que, quando os ângulos de incidência são baixos, os valores de amplitude permanecem praticamente idênticos aos originais.

Com a aplicação da correção das amplitudes pelo efeito da distância, os valores baixos devidos a condição de ovalização foram corrigidos, mantendo o efeito do ângulo de incidência.

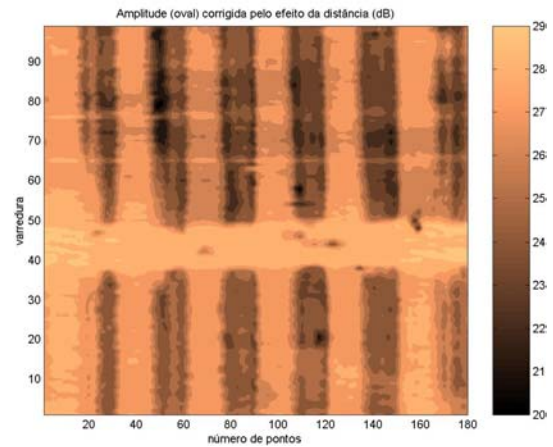
Com a aplicação sucessiva dos dois métodos, os valores de amplitudes foram corrigidos pelos dois efeitos, melhorando as informações geológicas do poço. É possível observar que, após as correções, algumas camadas geológicas que eram descontínuas na figura original passaram a ser contínuas



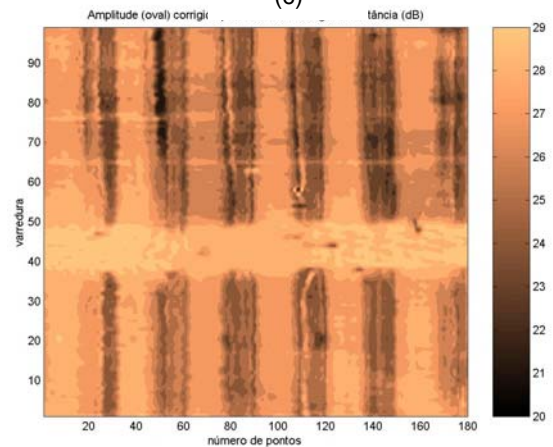
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 6– Poço 1: (a) amplitudes antes da correção; (b) amplitudes corrigidas pelo efeito do ângulo de incidência; (c) amplitudes corrigidas pelo efeito da distância; (d) amplitudes corrigidas pelo dois métodos.

Poço 2

A Figura 7 apresenta os dados de tempo de trânsito de um poço com descentralização da ferramenta e marca de molas como no poço anterior.

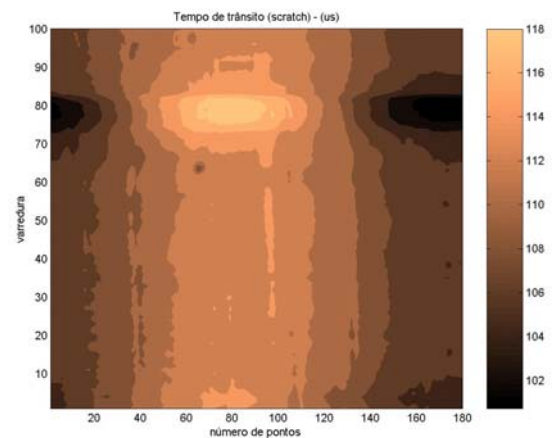
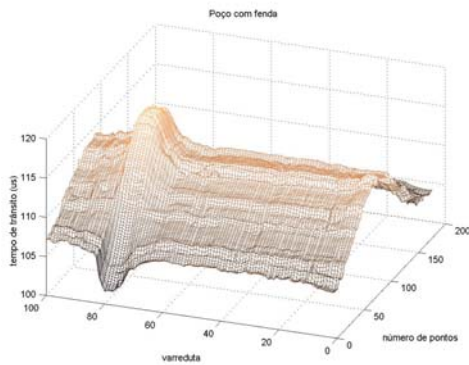
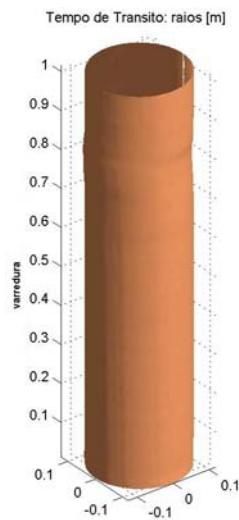


Figura 7- Poço 2: tempo de trânsito

A Figura 8(b) apresenta a forma do poço reconstituída a partir das informações de tempo de trânsito



(a)

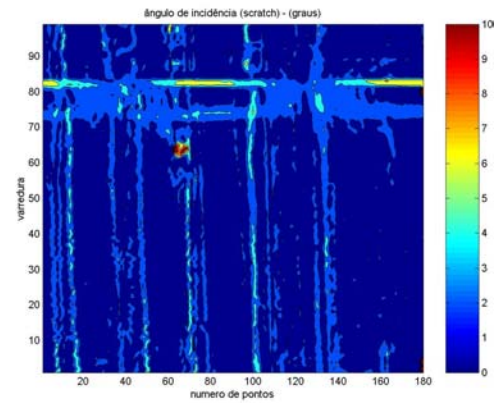


(b)

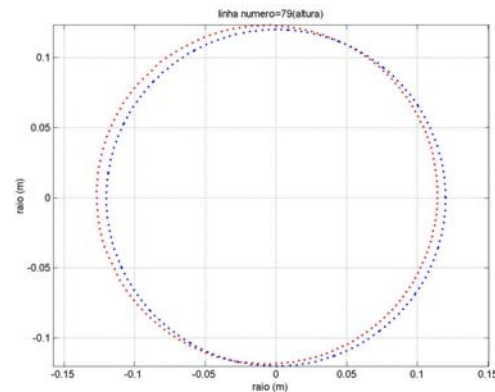
Figura 8- Poço 2: (a) tempo de trânsito; (b) forma do poço

Na figura 9(b) é apresentada uma varredura mostrando a condição de descentralização na profundidade 79. Pode-se observar que o poço é perfeitamente circular e que ocorreu um deslocamento do eixo do poço ou da ferramenta com relação ao centro do poço (estas duas condições não podem ser diferenciadas porém não afetam a metodologia). Este efeito só ocorre no intervalo 70-83 como visível na figura 7, e a causa é desconhecida. Há um considerável aumento dos ângulos de incidência que também afetam as amplitudes, que se mantêm relativamente baixas. Estes fenômenos são ilustrados nas Figuras 9(a) e Figuras 10(a).

As marcas dos patins da ferramenta são bastante visíveis na Figura 9(a) provocando um aumento do ângulo de incidência nas margens destas fendas. Porém elas têm efeito fraco no tempo de transito por serem muito localizadas.



(a)



(b)

Figura 9 - Poço 2: (a) ângulo de incidência; (b) condição de descentralização.

A Figura 10 apresenta os dados de amplitude antes da correção e corrigidos separadamente pelo efeito do ângulo de incidência e pelo efeito da distância. A correção dos baixos valores de amplitude associados a variações do ângulo de incidência é bastante visível na Figura 10(b) após as correções pelo efeito do ângulo de incidência. Observa-se que no intervalo do deslocamento (profundidade 70-83) são recuperados valores altos de amplitude refletida, mostrando boa continuidade através da imagem e sugerindo valores de alta impedância acústica. Pode se tratar de uma camada dura, talvez cimentada, que causou o deslocamento temporário da ferramenta. A imagem em geral mostra uma continuidade significativamente melhorada das camadas geológicas, e os valores baixos devido os arranhões das molas são bastante reduzidos.

Com a aplicação da correção das amplitudes pelo efeito da distância, os valores baixos devidos ao afastamento em relação ao centro do poço foram bastante corrigidos, mantendo no entanto o efeito do ângulo de incidência (Figura 10c).

A correção das amplitudes empregando os dois métodos (Figura 10d) melhorou consideravelmente as informações geológicas do poço. Isto pode ser visto na camada "dura" onde as diferenças através do poço são menores do que na Figura 10b, onde os efeitos do tempo de trânsito não foram corrigidos.

Conclusão

Este trabalho apresenta um novo método para melhorar a relação sinal/ruído nas imagens ultra-sônicas de poços. No método proposto, são considerados o meio de propagação, a caracterização do feixe, através do campo irradiado pelo transdutor, a dependência do sinal recebido com o ângulo de incidência e a influência da geometria do transdutor no sinal refletido. Estes aspectos são elaborados em trabalhos anteriores (Macedo et al., 2003a e 2003b).

Em testes realizados com dados de campo reais, os resultados são bons quando as causas de redução do valor da amplitude refletida são principalmente devidas a efeitos macro-geométricos. Quando a deterioração da amplitude acontece por causa do espalhamento do sinal, em pequena escala, as correções não são suficientes. Isto pode ser observado nos arranhões causados pela ferramenta nos exemplos discutidos, que ainda mostram um efeito de sinal reduzido devido a rugosidade em pequena escala que não pode ser suficientemente caracterizada com a medida do tempo de trânsito.

Referências

Macedo VG (2002), Correção de Imagens Ultra-sônicas em superfícies Irregulares para Extração de Sinais Geológicos. Tese de Doutorado, UFPa

Macedo VG, Rocha B, Luthi SM, Heller K (2003a), Modelamento do Coeficiente de Efeito do Angulo de Incidência para Transdutores não-focalizados usando Curvas Cústicas e Dados Experimentais. Procedimentos Congresso SBGF (neste volume).

Macedo VG, Rocha B, Luthi SM, Farias V (2003b), Modelamento do Coeficiente de Efeito do Angulo de Incidência para Transdutores Focalizados usando Curvas Cústicas e Modelagem Computacional. Procedimentos Congresso SBGF (neste volume).

Menger S (1994), New aspects of the borehole televiewer decentralization correction. The Log Analyst 35 July/August: 14-20.

Priest JF (1997), Computing borehole geometry and related parameters from acoustic caliper data. Trans 8th Symp Soc Prof Well Log Analysts: Paper G. related parameters from acoustic caliper data. Trans 8th Symp Soc Prof Well Log Analysts: Paper G.

Agradecimentos

Ao convênio UFPa/CNPq, à empresa Schlumberger pelo apoio financeiro, e a Melissa Johansson por ter fornecido os exemplos de campo.

