

# 1

## Introdução

A aquisição sísmica é uma etapa fundamental no processo de exploração de energia proveniente de óleo e gás. A análise das estruturas presentes no solo possibilita que as áreas a serem exploradas sejam selecionadas de uma maneira mais eficaz, minimizando os prejuízos devido a escolhas de regiões com um baixo potencial energético. Através da identificação de estruturas conhecidas no dado sísmico, pode-se ter uma maior certeza da presença de elementos interessantes à exploração, como reservatórios, auxiliando a decisão das melhores áreas a se perfurar os poços.

Uma estrutura bastante conhecida e importante é o horizonte sísmico. Eles podem ser vistos como variações nas propriedades das rochas de uma determinada região. A presença de determinados tipos de materiais, a transição entre eles, bem como as falhas geológicas, possibilitam a identificação de áreas que indiquem a presença de reservatórios de materiais de interesse.

A fim de facilitar o processo da identificação dessas estruturas por parte do geofísico que irá realizar a interpretação do dado, são utilizadas técnicas que permitem realçar e isolar determinadas características na geometria do dado. Pode-se visualizar esse dado sísmico tridimensional de diversas formas, sendo a mais comum a utilização de uma sequência de seções 2D no dado 3D. Dessa forma a interpretação do dado é realizada seção a seção. Outra abordagem é a técnica conhecida como visualização volumétrica, a qual permite que o volume seja analisado como um todo, sendo aplicada com sucesso em diversas áreas além da sísmica, tais como medicina e engenharia.

A técnica de visualização volumétrica visa avaliar a interação da luz com o meio ao atravessar o volume de dados, utilizando para isso uma integral que represente o comportamento da luz interagindo com os elementos do volume. Podem ser adicionados outros efeitos óticos a essa integral, como por exemplo, os efeitos de sombra e penumbra gerados pela luz, delineando melhor a geometria dos dados, sobretudo onde as concavidades são mais acentuadas.

Além disso, a estrutura volumétrica permite que sejam visualizadas as características internas do modelo relevantes ao domínio de estudo. Como o conjunto de dados sendo visualizado é basicamente uma grade de pontos

3D com o valor do material (densidade, amplitude sísmica, etc) associada a cada ponto, os componentes a serem avaliados na integral podem ser filtrados. Dessa forma, é possível visualizar estruturas específicas, internas ao modelo, se isolando regiões com determinados materiais de interesse.

A maioria dos sistemas sísmicos que utilizam visualização volumétrica o fazem da maneira tradicional [6], utilizando a integral de visualização volumétrica segundo o modelo de emissão e absorção da energia radiante, proposto por Williams e Max [7], integrando a cor emitida e a constante de absorção do meio, para cada amostra no volume, contendo o valor da amplitude sísmica. A iluminação é aproximada utilizando técnicas que dependem do gradiente, calculando-o diretamente do dado, por exemplo utilizando o método de diferenças finitas com base nos valores da amplitude sísmica.

O modelo de iluminação de Phong [8], bastante utilizado em computação gráfica, utiliza o gradiente local em cada amostra do volume como uma aproximação para a normal. Isso funciona bem para dados médicos e de engenharia, devido à geometria dos dados serem mais simples, contendo iso-superfícies bem definida, neste caso, o gradiente da superfície representa bem a normal em cada ponto.

Já nos dados sísmicos, o processo de aquisição do dado se dá utilizando ondas sísmicas, capturando a amplitude da onda atravessando o solo. A principal estrutura de interesse (horizonte sísmico) não pode ser representado por uma iso-superfície, uma vez que a amplitude varia em um mesmo horizonte sísmico. Além disso, devido a forma de aquisição, a natureza do dado é bastante ruidosa, o conjunto de dados é bastante denso e a vizinhança entre os materiais bastante heterogênea. Nessas condições, a geometria do dado torna-se bastante complexa, sendo necessários modelos de iluminação mais realísticos para descrever como ocorre a interação da luz com o meio.

Os modelos de iluminação que tentam simular a interação da luz com o meio da forma mais fiel possível são conhecidos como modelos de iluminação global. Devido a complexidade de se reproduzir todos os efeitos da luz, algumas técnicas podem ser simuladas individualmente, sendo combinadas de forma a reproduzir alguns efeitos da iluminação global, com um custo computacional relativamente baixo [9].

A técnica de oclusão por ambiente se propõe a computar a quantidade de luz ambiente que chega a um determinado ponto do volume a partir de todas as direções. Para isso são lançados raios ao redor do ponto de interesse considerando uma vizinhança esférica, sendo computado um grau de oclusão de acordo com a opacidade dos elementos no interior dessa esfera. Com isso, um ponto que possua em sua vizinhança elementos opacos receberá pouca

luz e, conseqüentemente, uma vizinhança com mais elementos transparentes permitirá a passagem de uma quantidade maior de luz para o ponto a ser iluminado.

A fim de diminuir o custo computacional necessário para se reproduzir os efeitos da luz ambiente chegando a um ponto a partir de todas as direções, como é feito na oclusão por ambiente, a técnica de iluminação por oclusão direcional proposta por Schott et al [4], simula a interação da luz com o meio de acordo com a equação de transporte da radiação [5], que avalia os efeitos de emissão, absorção e dispersão da luz no meio. Nesse trabalho são realizadas simplificações nessa equação de forma a se obter resultados similares à oclusão por ambiente a taxas interativas, permitindo a manipulação dos parâmetros de renderização, sem a necessidade de pré-computação.

No modelo de iluminação por oclusão direcional, a dispersão da luz é direcional (com a direção do observador ao modelo) e é restringida segundo uma função de fase cônica. Dessa forma a luz ambiente que atinge determinado ponto se dispersa apenas nas direções interiores ao cone, não sendo necessária a avaliação da dispersão da luz em toda a esfera que envolve esse ponto. Além disso, devido ao cone de dispersão da luz ter seu eixo colinear com a direção da luz, a oclusão relativa a esse ponto pode ser definida de acordo com a oclusão gerada pelos elementos do volume na trajetória da luz, através da propagação da quantidade de luz que não conseguiu atravessar os elementos do volume.

Este método, além de capturar os aspectos da iluminação global, realça a geometria complexa do dado sísmico. Outra motivação para se utilizar a iluminação por oclusão direcional nesse domínio é o fato de não ser preciso utilizar a normal para se realizar a iluminação. Devido a normal ser geralmente aproximada pelo gradiente calculado em iso-superfícies do dado, a determinação de normais no dado sísmico é bastante dificultada uma vez que o gradiente é bastante sensível a ruídos, além da coerência entre os materiais capturados não ser muito grande.

A iluminação por oclusão direcional já foi aplicada com sucesso em sísmica por Patel [6], realizando a visualização volumétrica baseada no algoritmo de renderização de fatias. O artigo que propôs a técnica de oclusão direcional [4] também se baseia na renderização de fatias, mas um dos seus trabalhos futuros sugere a aplicação do método a uma visualização baseada em traçado de raios.

O objetivo dessa dissertação é realizar a visualização volumétrica de dados sísmicos, utilizando técnicas adequadas às particularidades desse tipo de dado. O algoritmo proposto realiza a visualização volumétrica baseada no algoritmo de traçado de raios, o qual é o estado da arte, e realiza a iluminação

com um método inspirado na técnica de oclusão direcional [4], conseguindo-se realçar a geometria do dado sem utilizar uma avaliação da normal, permitindo ainda a manipulação dos parâmetros da visualização em tempo interativo.

Os resultados comprovam que a técnica proposta produz resultados visuais superiores ao modelo de iluminação que utiliza o gradiente da amplitude sísmica para representar as normais em cada amostra do volume, sobretudo nas regiões onde a geometria do volume é mais complexa, apresentando concavidades acentuadas e uma vizinhança de materiais heterogêneos. Foi realizada a comparação dos resultados com um visualizador volumétrico que utiliza o modelo de iluminação de Phong, utilizando o gradiente da amplitude sísmica para estimar o vetor normal nos voxels.

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: no Capítulo 2 são discutidos trabalhos que motivaram a escolha do tema, bem como trabalhos que tratam da iluminação global para visualização volumétrica. As particularidades do dado sísmico, desde sua aquisição, estruturação no computador e visualização são abordadas no Capítulo 3. No Capítulo 4, é apresentado o método proposto, bem como os detalhes de implementação em placa gráfica, utilizando CUDA. Os resultados são apresentados no Capítulo 5. A conclusão do trabalho, considerações finais e os trabalhos futuros são discutidos no Capítulo 6.