1
Introdução

1.1
Motivação

Amostragem de pontos é uma etapa importante em aplicações da computação gráfica como renderização, processamento de imagens e processamento geométrico. Nos últimos anos, alguns padrões de amostragem vem sendo estudados e dentre eles padrões com características de ruído azul vem ganhando destaque por produzir melhores resultados no espectro de potência de Fourier associado. Estas características de ruído azul são inspiradas em estudos que mostram que os fotorreceptores na retina do olho tem distribuição com características de ruído azul (Yellot (24) e (25)), garantindo que o padrão de amostragem seja agradável ao olho.

Por manter estas características a distribuição por discos de Poisson é popularmente utilizada como um padrão de amostragem e possui aplicações, por exemplo, em distribuição de objetos (Cohen *et al.* (3), Lagae e Dutré (13)) e em técnicas de pontilhamento (Kopf *et al.* (12), Balzer *et al.* (1)). Esta distribuição é considerada como um dos melhores padrões de amostragem e foi introduzida em computação gráfica afim de resolver problemas de *aliasing*.

Quando os pontos são amostrados por discos de Poisson formando um único conjunto, este conjunto é caracterizado como uma única classe de pontos e todos os pontos são amostrados juntos neste conjunto com um distância mínima entre os pares de pontos (Figura 1.1).

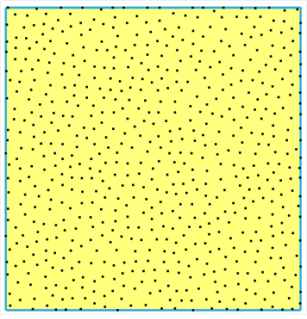
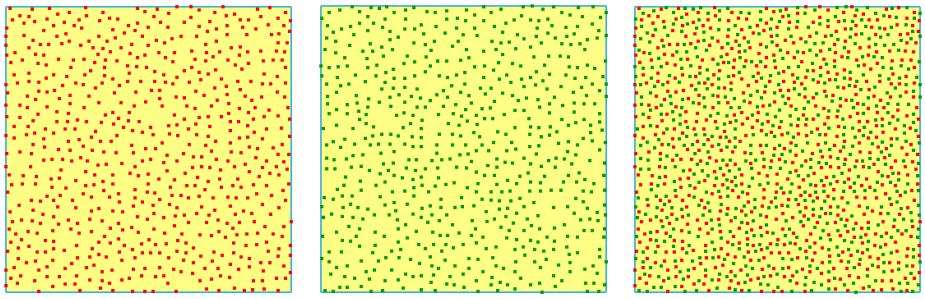


Figura 1.1: Amostragem planar em uma única classe

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1212741/CA

Produzir diversos conjuntos de pontos de maneira que cada conjunto e a união deles sejam distribuídos por discos de Poisson, ou seja, cada conjunto é gerado com uma distância mínima entre os pontos e existe uma distância mínima fixada entre pares de pontos de conjuntos distintos, caracteriza múltiplas classes de pontos (Figura 3.6). Neste caso, cada classe é produzida completamente independente das outras, isso significa que em classes distintas poderão haver atributos distintos. Esta independência entre as classes distintas favorece as aplicações em distribuição de objetos distintos, como apresentado na Seção 4.3, e em técnicas de pontilhamento com distintas cores de pontos.



1.2(a): Classe 0 1.2(b): Classe 1 1.2(c): Múltiplas classes

Figura 1.2: Amostragem planar em múltiplas classes

Uma das características do modelo de múltiplas classes está em não ser suficiente garantir que cada classe de pontos individualmente seja amostrada por discos de Poisson pois a união não manterá a uniformidade da distribuição e do mesmo modo não é suficiente garantir que a união das classes preserve este padrão de amostragem pois as classes individualmente não manterão a uniformidade da distribuição.

1.2 Trabalhos Anteriores

Inicialmente, Cook (4) propôs o clássico algoritmo de amostragem por discos de Poisson que consiste em lançar pontos em um domínio planar aceitando aqueles que satisfaçam uma distância mínima com os outros pontos já amostrados anteriormente pelo algoritmo. O nome do método ficou conhecido como *dart throwing* (lançamento de dardos) justificado pela própria natureza do algoritmo.

Outras abordagens foram desenvolvidas para produzir conjuntos de pontos com boa distribuição, como os métodos de relaxação que consistem em mover iterativamente os pontos de um conjunto inicial para novas posições de modo que a nova distribuição minimiza uma dada energia. Dentre estes

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1212741/CA

métodos, a relaxação de Lloyd's (Lloyd (15)) é bem utilizada por convergir para a conhecida Tesselação de Voronoi. Balzer *et al.*(1), Goes *et al.* (5) e Yin Xu *et al.*(23) apresentam variações que produzem conjuntos com características de ruído azul.

O clássico método do *dart throwing* é considerado computacionalmente caro e portanto diversos algoritmos semelhantes e mais eficientes foram desenvolvidos posteriormente para a amostragem visando as propriedades de ruído azul envolvidas, como McCool e Fiume (16), Dunbar e Humphreys (6), Wey (21), Ebeida *et al.* (8) e Jones (11).

Bowers *et al.* (2) exibem um eficiente algoritmo para amostragem por discos de Poisson sobre superfície poligonais, que consiste em produzir um denso conjunto de pontos e desse conjunto selecionar os pontos com distribuição por discos de Poisson. Baseado nesta publicação, Medeiros *et al.* (17) propõem uma extensão do algoritmo planar de McCool e Fiume (16), que consiste na amostragem hierárquica por discos de Poisson sobre superfícies poligonais.

A análise da qualidade espectral da amostragem apresentada em Lagae e Dutre (14) é diretamente realizada pela transformada de Fourier desta amostragem. Bowers *et al.* (2) propõem um método que utiliza bases espectrais das malhas triangulares (7) para analisar a qualidade da distribuição de pontos sobre superfícies trianguladas visando as características de ruído azul.

Todas estas publicações citadas acima produzem uma única classe de pontos em domínios planares e não-planares, mas com elas não é possível produzir diretamente múltiplas classes de pontos. Neste sentido, Wei (22) propõe uma técnica de *dart throwing* em múltiplas classes sobre domínios planares, onde cada classe individualmente, bem como, a união das classes exibem propriedades de ruído azul.

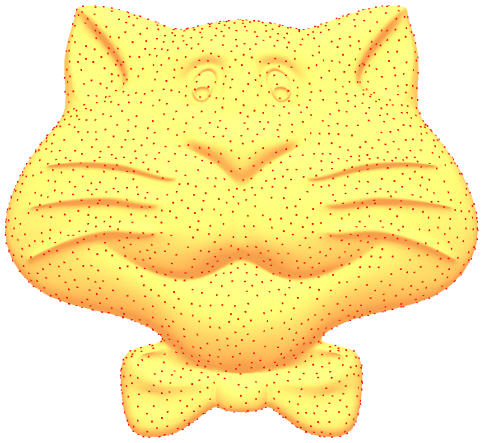
PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1212741/CA

1.3 Contribuições

Nesta dissertação estudamos as propostas de amostragem por discos de Poisson encontradas em Bowers *et al.* (2) e Medeiros *et al.* (17) e descrevemos detalhadamente este processo de amostragem de pontos em uma única classe sobre superfícies poligonais.

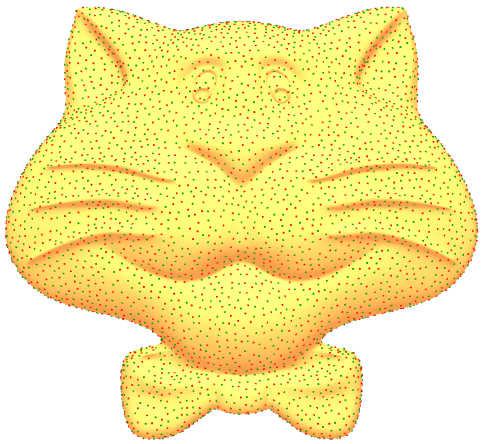
Propomos uma extensão para superfícies poligonais do algoritmo descrito em Wei (22) para múltiplas classes sobre domínios planares. A Figura 1.3 ilustra a nossa distribuição sobre uma superfície poligonal em duas classes com características de ruído azul por classe e na união das classes. É possível observar que cada classe e o conjunto das classes apresentam boa qualidade visual associando o ruído da distribuição com a uniformidade.

Apresentamos uma aplicação do algoritmo proposto com a distribuição de distintos objetos texturizados sobre superfícies.



1.3(a): Classe 0

1.3(b): Classe 1



1.3(c): Múltiplas Classes

Figura 1.3: Múltiplas classes sobre uma superfície poligonal

1.4 Divisão da Dissertação

No Capítulo 2 apresentamos a definição de amostragem por discos de Poisson, as suas características de ruído azul e algumas noções sobre a extração de bases espectrais de malhas trianguladas que são utilizadas para a análise da amostragem. No Capítulo 3 descrevemos a técnica de amostragem sobre superfícies poligonais em uma única classe e apresentamos a nossa contribuição para múltiplas classes em superfícies. No Capítulo 5 apresentamos os resultados e a aplicação. No Capítulo 5 descrevemos o método de análise e realizamos a análise da amostragem. Finalizamos com o Capítulo 6, onde apresentamos a conclusão e os trabalhos futuros.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1212741/CA