

## Método de Romberg Paralelo Aplicado a Silvicultura<sup>1</sup>

Gustavo José Neves da Silva<sup>2</sup>, Maurício Aronne Pillon<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Impacto energético em nuvens IaaS frente a aplicação de técnicas de escalonamento e de virtualização”

<sup>2</sup>Acadêmico (a) do Curso de Ciência da Computação – CCT – Bolsista PROBIC/UDESC

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Ciência da Computação. – CCT – mauricio.pillon@udesc.br.

A aplicação de métodos analíticos para cálculo da estimativa de volume de toras na silvicultura de Pinus é uma realidade. O ciclo de produção da área é longo, quando comparado com outras culturas, tais como, soja, trigo ou milho. A produção de uma tora pode levar mais de 20 anos. Porém, o manejo exige acompanhamento periódico da área e o monitoramento se faz necessário para a tomada de decisão. A tecnologia e a automatização têm sido incorporadas a produção de silvicultura de Pinus. O inventário florestal preciso habita o administrador a determinar o destino mais lucrativo para cada lote ou para parte do lote em determinado período da produção. O sistema de produção dominante é definido por lotes, os quais são compostos por 1667 árvores por hectare, plantadas de forma a possuírem um espaçamento de 3x2 m. Tais lotes geralmente sofrem três desbastes, 1º aos 8 anos(40% do lote), 2º aos 12 anos(30% do lote), 3º aos 21 anos(30% do lote), esses desbastes visam favorecer o crescimento das remanescentes, uma vez que haverá a diminuição na competição de luz e nutrientes. O longo período de observação desses lotes, a extensão de terra que ocupam, e a variabilidade de formas que as toras adquirem constituem os principais desafios para o acompanhamento de produção da silvicultura. Atualmente estimativa do volume de uma tora é obtida pelo emprego de métodos analíticos que utilizam o cálculo do volume de um cilindro, cone ou paraboloide, em unidades de pés ou metros cúbicos. Porém ao apoiar-se em métodos analíticos para o cálculo do volume de madeira, esse cálculo considera as toras figuras geométricas de forma bem definida, o que não representa com fidelidade o cenário real. Além disso, por limitações físicas de construção de máquinas digitais, técnicas de arredondamento e de truncamento de variáveis são aplicadas, propagando erros e gerando imprecisões nos cálculos. Soluções numéricas, dada sua natureza adaptativa, possibilitam que o cálculo do volume de toras sejam aproximados do resultado exato. A busca por aprimoramento da precisão resultante dessas soluções justifica o uso de máquinas digitais. Já as características de dependência de tarefas de métodos numéricos indicam a possibilidade de modelagem da aplicação em máquinas vetoriais. Como já apresentado os métodos utilizados atualmente pela área da silvicultura para cálculo do volume apresentam imprecisões e/ou são dispendiosos. Como solução, surge a proposta deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma ferramenta para cálculo do volume de madeira, utilizando o método de Romberg e sendo executada em GPGPU, tendo como objetivo primário aprimorar a precisão do cálculo, e como objetivo secundário reduzir o tempo necessário para o processamento. O método de Romberg, foi escolhido por fornecer resultados grande precisão, tanto em cenários de cálculos de integração simples, quanto em cenários de cálculos de integração múltipla, no qual o presente trabalho está inserido. Implementou-se um algoritmo do método de Romberg, executado em uma GPGPU (AMD, RX550, 40 SIMD units, 2GB GDDR5), utilizando framework OpenCL. Os dados utilizados neste trabalho consistem em 32 árvores com idade 9 anos coletadas em povoamentos de Pinus Taeda com espaçamento inicial de 2.5 m x 2.5 m. O talhão

selecionado ao acaso totalizava 1.600 indivíduos por hectare e não havia sofrido nenhum desbaste. Com o auxílio de um xilômetro, obteve-se o volume exato de um conjunto de toras, constituindo uma amostra de toras desse talhão e permitindo calcular o volume médio real da amostra que é de 0,140 m<sup>3</sup>. Os dados das estimativas de volume obtidas com métodos analíticos e com o método numérico estão descritos na Tabela 1. A base de comparação do erro da estimativa foi o volume médio real obtido com o xilômetro. Os métodos analíticos escolhidos foram os mais populares aplicados a área, Smalian, Bruce, Subneiloid, Newton e Two-End. Observa-se que no cálculo do volume de 1 árvore, o método de Romberg foi o único a obter erro 0. O desvio percentual dos métodos analíticos variam de 4 a 40. O método analítico com melhor precisão foi o Bruce.

**Tabela 1.** Volume médio para população de *Pinus Taeda* de 9 anos de idade.

Método	Volume de 1 arvore(m <sup>3</sup> )	Desvio (%)	Volume de 1 lote(m <sup>3</sup> )
Smalian	0,196	-40,160	327,107
Bruce	0,133	4,348	223,232
Huber	0,165	-17,993	275,373
Newton	0,175	-25,382	292,617
Sorenson	0,062	55,324	104,263
Subneiloid	0,165	-17,993	275,373
Two-end conic	0,175	-25,382	292,617
Romberg	0,140	-0,051	233,501
Xilômetro	0,140	-	233,38

O método de Romberg se mostrou o mais preciso, porém também foi o que mais consumiu tempo de processamento. Quando comparado a Bruce, Romberg precisou de 90,16% a mais de tempo para chegar ao resultado, porém apresentou um maior nível de precisão. Se o cálculo for aplicado a um conjunto de lotes, esta diferença significativa pode inviabilizar o uso do método em ferramentas administrativas. A paralelização de Romberg em GPU permitiu a redução de 80,29% do tempo de processamento, para cálculo de estimativa do volume de um lote com 1667 árvores, quando comparado versão sequencial do próprio método. Os resultados deste trabalho demonstram a aplicabilidade e a eficiência da versão paralela do método numérico Romberg para o cálculo da estimativa de volume de lotes de *Pinus Taeda*. O impacto positivo do uso do método de Romberg paralelo na área de silvicultura é o aumento de precisão das estimativas, que possibilitam a tomada de decisão no manejo, e consequente aumento da produtividade.

**Palavras-chave:** Métodos numéricos, Programação paralela, GPGPU.