

# Simulação de Sistema Solar Utilizando Ray-Tracing

João Gabriel Freitas Acosta<sup>1</sup>, Gustavo Gimenes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Computacionais – Universidade Federal do Rio Grande (FURG)  
Campus Carreiros - Caixa Postal 474 - 96201-900

{joaogabriel,250111@gmail.com, gu333@outlook.com}

**Abstract.** *This paper explores the feasibility of simulating solar systems using ray tracing techniques. The research was motivated by the growing demand for realistic simulations in astronomy and education. For this purpose, a systematic literature review was carried out, seeking to identify relevant studies that apply ray tracing in the simulation of celestial bodies.*

**Resumo.** *Este artigo explora a viabilidade de simular sistemas solares utilizando técnicas de ray tracing. A pesquisa foi motivada pela crescente demanda por simulações realistas em astronomia e educação. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, buscando identificar estudos relevantes que aplicam ray tracing na simulação de corpos celestes.*

## 1. Introdução

O interesse crescente em simulações realistas de corpos celestes, tanto para fins educacionais quanto científicos, motiva esta pesquisa. Melhores simulações podem melhorar a compreensão pública e acadêmica do cosmos e fornecer ferramentas eficazes para o ensino e educação.

A simulação do sistema solar com imagens realistas é um desafio significativo na computação gráfica. O ray tracing é, de forma resumida, uma técnica avançada que permite criar imagens altamente detalhadas e realistas ao simular como a luz interage com os objetos.

Para abordar essa questão, duas alternativas principais serão consideradas: criar um compilador de ray tracing do zero ou utilizar programas existentes que já implementam essa técnica. Desenvolver um compilador próprio pode permitir um controle detalhado e personalizações específicas para a simulação. No entanto, esse processo pode ser complexo e exigir um investimento considerável de tempo e recursos. Em contraste, utilizar ferramentas e softwares já disponíveis pode acelerar o desenvolvimento e aproveitar tecnologias avançadas que já foram otimizadas.

Esta pesquisa buscará avaliar a viabilidade e as implicações de cada abordagem, demonstrar a pesquisa realizada e elaborar nossa metodologia visando determinar a melhor forma de simular corpos celestes com precisão e eficiência.

## 2. Revisão sistemática da literatura

A prática do projeto nessa etapa consistiu em aprendemos a fazer uma revisão sistemática literária e passar por todos os passos dela, com o intuito de criarmos nosso próprio artigo usando boas e fundadas referências. Como etapa inicial, com base em nosso tema

já formado, escolhemos algumas palavras mais generalizadas para termos uma grande variedade, mas que no decorrer da pesquisa iria ir se afunilando nesse tema. Nossas principais plataformas de busca de artigos foram a IEEEExplore, o Google Acadêmico e a ScienceDirect, e as primeiras palavras sendo ‘Ray tracing’.

Com as primeiras palavras escolhidas e pesquisadas, conseguimos mais de 15 mil artigos, mesmo procurando em múltiplas plataformas a busca seguia muito ampla, então fomos afunilando e adicionando mais palavras como ‘Data Science’, ‘software’ e com isso, conseguimos juntar um pouco mais de mil artigos e afunilando mais ainda ao procurar artigos recentes conseguimos um pouco mais de 300 artigos. Chegando na segunda etapa que era a seleção de 30 artigos, 10 em cada plataforma, baseados no nome para trabalharmos em cima deles nossa RSL. Essa forma de seleção, foi focada em nomes que aparentavam ter a mesma logística que procurávamos abordar em nosso projeto, cada um de nós escolheu 15. E após precisávamos escolher 20 dentre esses 30, baseado nas informações adicionais e resumos nas plataformas, no qual tais informações dos artigos eram sobre: qual foi a revista publicada, qual foi o ano de publicação, o autor principal e o tipo de conferência. Percebemos nessa etapa que não haviam muitos artigos exatamente relacionados com raios solares e um software para ele, ou pelo menos, não achamos artigos com somente essa temática. Portanto, decidimos segregar o trabalho, em artigos sobre os efeitos dos raios solares e em artigos com softwares simuladores, fazendo assim uma junção de diferentes artigos no nosso artigo.

Seguindo para a próxima etapa, tínhamos como objetivo a leitura diagonal dos 20 artigos selecionados na etapa anterior, com base no nosso plano de juntar simuladores com os efeitos, fomos a procura deles. Tendo isso em vista, achamos desde simuladores usados pela NASA até simuladores usados para didáticas escolares. Como dito anteriormente, escolhemos softwares didáticos e simples para se basear, vimos artigos ensinando sobre ray tracing em uma semana e em um final de semana. E na parte dos raios solares em si, encontramos desde mapeamento do Via Láctea pelos raios solares até impactantes e efeitos dos raios solares em uma estufa na plantação de tomates. Com base na nossa grande necessidade de aprender sobre os raios solares e pouca no algoritmo, fomos atrás de muitos exemplos e aplicações que os raios solares tinham em diferentes objetos, meios e condições.

Como etapa final, fomos para a leitura aprofundada nos artigos escolhidos na leitura diagonal, tendo em vista nossa necessidade de aprender os raios e suas simulações. Apesar de termos escolhido bons artigos e, graças a RSL, atingiram bem nosso escopo, decidimos procurar outros artigos por fora para recorrer melhor as possíveis necessidades do nosso projeto.

### **3. Metodologia proposta**

Para a implementação da simulação do sistema solar utilizando ray tracing, o livro digital “Ray Tracing in One Weekend” servirá como uma referência central. Este recurso oferece um guia passo a passo para construir um renderizador ray tracer do zero, proporcionando uma compreensão detalhada dos princípios de renderização de luz, sombras e reflexões, que são essenciais para o nosso projeto. Com base nesse aprendizado, planejamos expandir o código para incluir elementos específicos de simulação astronômica, como a modelagem de corpos celestes e suas interações luminosas. Embora essa abordagem seja

o ponto de partida principal, outras ferramentas e métodos também serão considerados à medida que nossa pesquisa avançar, conforme descrito nos próximos parágrafos. O livro ensina a desenvolver o renderizador utilizando C++, e pretendemos usar essa linguagem para implementar as adaptações necessárias, com foco na precisão e no realismo das representações visuais do sistema solar .



**Figura 1. Uma renderização ensinada do livro digital "Ray Tracing In One Weekend".**

Para a simulação de sistemas solares utilizando ray tracing, as pesquisas selecionadas oferecem uma gama de técnicas e ferramentas que podem ser aplicadas de forma complementar. O estudo "Light Subpath Reservoir for Interactive Ray-Traced Global Illumination" de Fuyan Liu propõe uma estratégia para reutilização temporal de subcaminhos de luz, o que pode ser adaptado para melhorar a eficiência e o desempenho da simulação em tempo real, essencial para cenários interativos.

Em "Physically Based Computer Graphics for Realistic Image Formation to Simulate Optical Measurement Systems," Max-Gerd Retzlaff detalha a aplicação de métodos Monte Carlo para aprimorar a geração de caminhos, proporcionando uma base robusta para modelar interações luminosas complexas em nosso sistema solar. A pesquisa de Xiaoxia Lin, "GPU-Based Monte Carlo Ray Tracing Simulation Considering Refraction for Central Receiver System," utiliza ray tracing baseado em GPU para simular refração, o que pode ser crucial para modelar efeitos ópticos precisos e melhorar a representação dos corpos celestes.

O artigo "Looking Beyond Our Solar System with Ray Tracing Simulation," publicado pela IEEE, explora técnicas avançadas de ray tracing aplicadas tanto a sistemas solares quanto a aplicações em realidade virtual, oferecendo exemplos valiosos de como integrar texturas e técnicas de renderização realista.

Finalmente, "Applying Ray Tracing for Virtual Reality and Industrial Design" de Ingo Wald combina ray tracing com VR e design industrial, destacando técnicas de renderização que podem ser adaptadas para a criação de simulações visuais detalhadas e imersivas do sistema solar. A integração desses métodos e ferramentas proporcionará uma abordagem abrangente para a nossa pesquisa, otimizando tanto a precisão quanto o realismo das simulações.

Em conclusão, as pesquisas selecionadas fornecem uma base rica de técnicas e softwares que são fundamentais para o desenvolvimento da nossa metodologia proposta. Cada estudo oferece contribuições valiosas, desde a otimização de desempenho com reutilização temporal de subcaminhos de luz até a aplicação de métodos Monte Carlo

para simulações complexas e o uso de ray tracing baseado em GPU para aprimorar a precisão óptica. Além disso, as abordagens práticas em realidade virtual e renderização realista apresentadas nos artigos estudados orientam a aplicação de técnicas específicas que serão adaptadas para a nossa simulação de sistemas solares. Assim, essas pesquisas não apenas enriqueceram o nosso conhecimento técnico, mas também moldaram a direção metodológica do nosso projeto, garantindo uma abordagem robusta e inovadora para a implementação de ray tracing em simulações astronômicas.

#### **4. Bibliografia**

As referências usadas nesse projeto foram com os respectivos artigos e conferências seguintes, [Wald and Dietrich 2006], [Liu and Gan 2023], [Retzlaff et al. 2017], [Shin et al. 2021] and [IEEE 2021].

#### **Referências**

- IEEE (2021). Looking beyond our solar system with ray tracing simulation. *IEEE Spectrum*, 58:3–3.
- Liu, F. and Gan, J. (2023). Light subpath reservoir for interactive ray-traced global illumination. *Computers & Graphics*, 111:37–46.
- Retzlaff, M. G., Hanika, J., Beyerer, J., and Dachsbacher, C. (2017). Physically based computer graphics for realistic image formation to simulate optical measurement systems. *Journal of Sensors and Sensor Systems*, 6:171–184.
- Shin, J., Hwang, I., Kim, D., Moon, T., Kim, J., Kang, W. H., and Son, J. E. (2021). Evaluation of the light profile and carbon assimilation of tomato plants in greenhouses with respect to film diffuseness and regional solar radiation using ray-tracing simulation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 296.
- Wald, I. and Dietrich, A. (2006). Applying ray tracing for virtual reality and industrial design. In Wald-Dietrich, I. A., editor, *2006 IEEE Symposium on Interactive Ray Tracing*, Salt Lake City, UT, USA. IEEE.