

Data Warehouse para Proveedor Virtual de Roupas e Aplicações na Indústria 4.0

Autor: Gustavo Diogo Silva

Orientador: Dr. Mario Alexandre Gazziro

Instituição: UFABC - Bacharelado em Ciência da Computação

Santo André - SP, 23 Abril de 2026

1. Introdução

Contexto e Justificativa

- **O Problema:** Alta demanda do e-commerce por personalização e redução de devoluções no setor de moda.
- **A Solução:** Um provedor virtual que utiliza Gêmeos Digitais (avatars) para reduzir devoluções e aumentar a satisfação do consumidor.
- **Objetivo Geral:** Desenvolver um sistema baseado em Data Warehouse que integre avatares 3D personalizados com modelos de roupas digitalizadas.

Objetivos Técnicos do Projeto

- Criar um Data Warehouse escalável para grandes volumes de dados tridimensionais.
- Avaliar a eficiência e precisão das simulações.
- Explorar a integração com IA generativa na manufatura.
- **Objetivo Principal:** Usar arquivos 3D brutos para informações estruturadas de interesse analítico.

2. Fundamentação Teórica

Conceitos de Indústria e Gêmeos Digitais

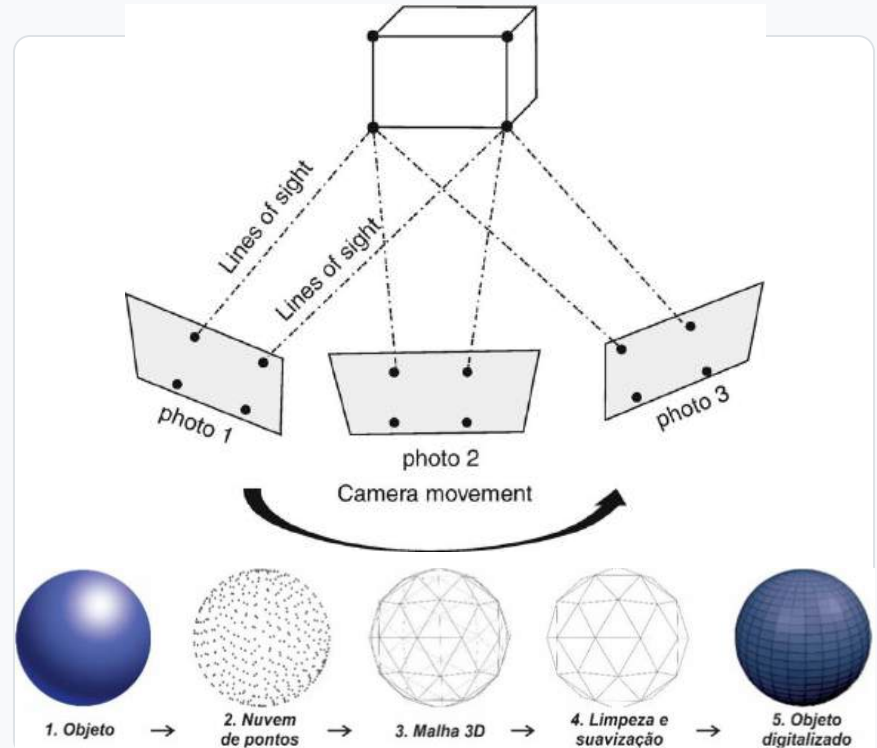
- **Indústria 4.0:** Integração de IA, IoT e Big Data para criar fábricas inteligentes e processos personalizados.
- **Digital Twin:** Réplica virtual que reflete propriedades estáticas e dinâmicas de ativos físicos em tempo real.
- **Aplicação:** No provador virtual, as roupas e usuários tornam-se gêmeos digitais para simulações de caimento.



3. Fundamentação Teórica

Tecnologias de Captura e Nuvem

- **Fotogrametria:** Reconstrução 3D a partir de imagens 2D capturadas de diferentes ângulos.
- **Nuvem de Pontos e Malha:** Representação geométrica que forma a anatomia do avatar e a estrutura da roupa.
- **Cloud Computing (AWS):** Uso de serviços nuvem para validar como solução real e comercial.



3. Trabalhos Relacionados

Principais Referências e Influências

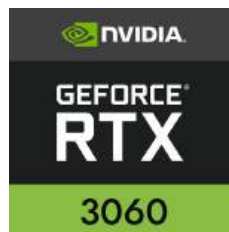
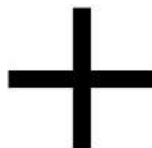
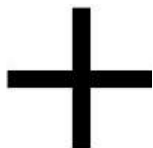
O projeto foi inspirado por trabalhos que estabeleceram bases sólidas para a utilização de avatares em ambientes virtuais e sua integração em arquiteturas de dados:

- **Borotto (2024)**: Estudo sobre a eficiência de sensores RGB-D para estimação de poses antropométricas, fundamental para a continuidade de projetos de avatares.
- **Franca et al. (2005)**: Pesquisa sobre sistemas de escaneamento 3D baseados em triangulação a laser, fornecendo subsídios teóricos para a captura de dados.

4. Metodologia

Coleta e Digitalização

- **Escaneamento 3D:** Uso de sensores **Orbbec Astra** e **plataforma giratória** (2.5 rpm) para captura 360°.
- **Avatares e Roupas:** Conversão de nuvens de pontos em malhas detalhadas (PLY).
- **Hardware:** Processamento gráfico realizado com **GPU NVIDIA RTX 3060**.



4. Metodologia

Arquitetura do Sistema em Nuvem

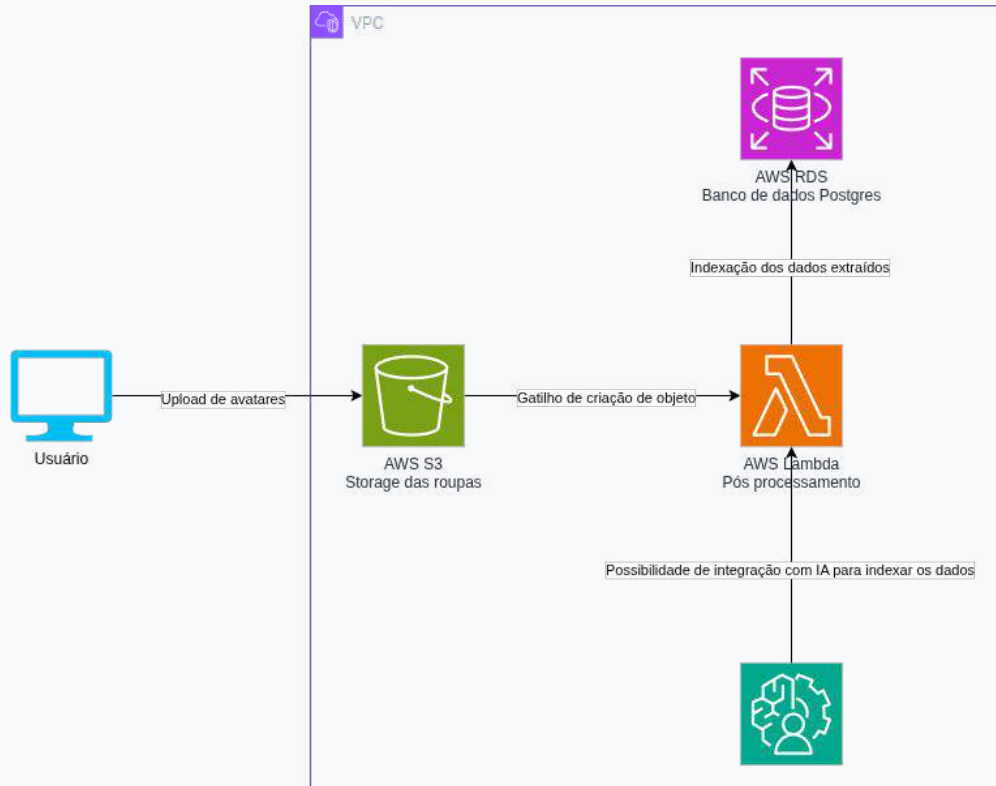
- **Estratégia:** Uso de computação em nuvem para escalabilidade e processamento de grandes volumes de dados.
- **Componentes AWS:**
 - **Amazon S3:** Armazenamento centralizado de modelos 3D e metadados.
 - **AWS Lambda:** Processamento serverless automático acionado por eventos de upload.
 - **Amazon RDS:** Banco de dados relacional (PostgreSQL) para persistência de atributos geométricos estruturados.



4. Metodologia

Pós-processamento

- **Pipeline AWS:** O upload para o S3 dispara uma função Lambda que valida, analisa, extrai metadados do arquivo e persiste os dados estruturados armazenados em Amazon RDS (PostgreSQL).
 - **Vantagem:** Separação entre armazenamento de objetos pesados e busca rápida em metadados relacionais.



5. Resultados e Discussões



5. Resultados e Discussões

Contribuição Técnica: Biblioteca ply-js

- **Desenvolvimento:** Criação de uma biblioteca em TypeScript (publicada no npm) para processamento de arquivos PLY.
- **Funcionalidades:** Leitura/escrita binária e ASCII, extração de propriedades geométricas e suporte a calibração por scanner
- **Inovação:** Solução nativa para o ecossistema Node.js/AWS Lambda, garantindo tipagem estática e segurança no processamento.



5. Resultados e Discussões

Métricas de Desempenho

O sistema processou modelos **Medium-poly** (ex: 41k vértices) com alta eficiência:

- **Tempo Médio:** 190,3 ms por processamento.
- **Throughput:** ~207.131 vértices/seg (Meta >50k atingida).
- **Acurácia:** Massa estimada (60,11kg) e altura (1,47m) condizentes com o modelo real.

Tabela 3 – Classificação de Complexidade de Avatares

Categoria	Vértices	Throughput	Aplicação
Low-poly	< 10.000	20.000 v/s	Jogos mobile, VR
Medium-poly	10.000 - 50.000	50.000 v/s	Jogos PC, apps
High-poly	50.000 - 100.000	62.500 v/s	Desktop, VR
Ultra high-poly	> 100.000	75.000 v/s	Cinema, VFX

5. Resultados e Discussões

Análise e Discussões

- **Fidelidade Anatômica:** A sincronização entre sensores e plataforma permitiu capturas 360° sem lacunas de dados.
- **Digital Twin:** Modelos deixaram de ser objetos estáticos para se tornarem dados analíticos estruturados via *ply-js*.
- **Escalabilidade:** Arquitetura serverless (Lambda) garante prontidão para múltiplos usuários.

6. Conclusões

Contribuições

- **Digitalização:** Solução eficiente para captura de avatares detalhados e funcionais.
- **Biblioteca ply-js:** Extração automatizada de propriedades geométricas em ambiente TypeScript.
- **Validação na Indústria 4.0:** O trabalho demonstrou a integração de tecnologias emergentes a sistemas de produção digital.

6. Conclusões

Limitações e Futuro

- **Limitações:** Resolução textural reduzida por falta de sensores RGB e presença de ruídos.
- **Trabalhos Futuros:** Automação em tempo real, simulação de comportamento dinâmico de tecidos e uso de IA para categorização.
- **Conclusão:** Arquitetura viável que une captura 3D, nuvem e armazenamento analítico.

7. Links Externos

<https://github.com/GustavoDiogo/ply-js>

<https://www.npmjs.com/package/ply-js>