

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

**Preparação Automatizada de Imagens para
Comércio Eletrônico via Visão Computacional e
Aprendizado de Máquina**

Lucas Galvan Marques

Monografia - MBA em Inteligência Artificial e Big Data

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Lucas Galvan Marques

Preparação Automatizada de Imagens para Comércio Eletrônico via Visão Computacional e Aprendizado de Máquina

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências de Computação do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo - ICMC/USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Especialista em Inteligência Artificial e Big Data.

Área de concentração: Inteligência Artificial

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Rodrigues Ciferri Prof. Dr. Ricardo Rodrigues Ciferri

Versão original

São Carlos

2024

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO PARA FINS DE ESTUDO E
PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi, ICMC/USP, com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a)

S856m	<p>Marques, Lucas Galvan Preparação Automatizada de Imagens para Comércio Eletrônico via Visão Computacional e Aprendizado de Máquina / Lucas Galvan Marques ; orientador Ricardo Rodrigues Ciferri. – São Carlos, 2024. 33 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.</p> <p>Monografia (MBA em Inteligência Artificial e Big Data) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, 2024.</p> <p>1. LaTeX. 2. abnTeX. 3. Classe USPSC. 4. Editoração de texto. 5. Normalização da documentação. 6. Tese. 7. Dissertação. 8. Documentos (elaboração). 9. Documentos eletrônicos. I. Ciferri, Ricardo Rodrigues, orient. II. Título.</p>
-------	---

Lucas Galvan Marques

**Automated Image Processing for E-commerce through
Computer Vision and Machine Learning**

Monograph presented to the Departamento de Ciências de Computação do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo - ICMC/USP, as part of the requirements for obtaining the title of Specialist in Artificial Intelligence and Big Data.

Concentration area: Artificial Intelligence

Advisor: Prof. Dr. Ricardo Rodrigues Ciferri

Original version

São Carlos

2024

Este trabalho é dedicado aos alunos da USP, como uma contribuição das Bibliotecas do Campus USP de São Carlos para o desenvolvimento e disseminação da pesquisa científica da Universidade.

RESUMO

MARQUES, L. G. **Preparação Automatizada de Imagens para Comércio Eletrônico via Visão Computacional e Aprendizado de Máquina.** 2024. 33 p. Monografia (MBA em Inteligência Artificial e Big Data) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024.

Esta monografia apresenta um sistema automatizado para gerar imagens estilizadas em uma loja virtual de presentes personalizados, visando otimizar a preparação de imagens por meio de um pipeline automatizado com técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina. Implantado na Amazon AWS, o sistema processa e gera imagens em cerca de 5 minutos, custando R\$ 0,50 cada. A comparação com o método tradicional de um artista gráfico revelou que o sistema é significativamente mais eficiente, proporcionando um retorno rápido e três opções de imagem ao cliente. Os resultados demonstram economia de tempo, redução de custos e maior satisfação do cliente, destacando o potencial das tecnologias de aprendizado de máquina no e-commerce.

Palavras-chave: sistema automatizado de imagens, geração de imagens estilizadas, loja virtual de presentes personalizados, pipeline automatizado, técnicas de visão computacional, aprendizado de máquina, personalização em larga escala.

ABSTRACT

MARQUES, L. G. **Automated Image Processing for E-commerce through Computer Vision and Machine Learning**. 2024. 33 p. Monograph (MBA in Artificial Intelligence and Big Data) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024.

This paper presents an automated system for generating stylized images in a virtual store for personalized gifts, aiming to optimize the image preparation process through an automated pipeline using computer vision and machine learning techniques. Deployed on Amazon AWS, the system processes and generates images in approximately 5 minutes, costing R\$ 0.50 each. A comparison with the traditional method employed by a graphic artist revealed that the system is significantly more efficient, providing a quick turnaround and three image options for the customer. The results demonstrate time savings, cost reduction, and increased customer satisfaction, highlighting the potential of machine learning technologies in e-commerce.

Keywords: automated image system, stylized image generation, virtual store for personalized gifts, automated pipeline, computer vision techniques, machine learning, large-scale personalization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo antes e depois de imagem editada e aplicada em um produto final.	17
Figura 2 – Representação de um algoritmo de reconhecimento facial.	19
Figura 3 – Alinhamento de foto baseado na linha dos olhos.	19
Figura 4 – Representação do processo de pintura neural.	20
Figura 5 – Exemplo 1 (antes e depois).	29
Figura 6 – Exemplo 2 (antes e depois).	29
Figura 7 – Exemplo 3 (antes e depois).	29
Figura 8 – Exemplo 4 (antes e depois).	30
Figura 9 – Exemplo 5 (antes e depois).	30
Figura 10 – Exemplo 6 (antes e depois).	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PDI	Processamento Digital de Imagen
PIL	Python Imaging Library
OpenCV	Open Source Computer Vision Library
AWS	Amazon Web Services

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Visão Computacional e Processamento de Imagens	19
2.2	Processamento Digital de Imagens com Pillow	19
2.3	Stylized Neural Painting	20
2.4	Automação de Processos em E-commerce	21
3	METODOLOGIA	23
3.1	Detecção e Recorte de Rostos com OpenCV	23
3.2	Remoção de Fundo e Ajuste de Cores com Pillow	23
3.3	Aplicação de Efeito de Pintura com Stylized Neural Painting	24
3.4	Integração e Automação do Processo	25
4	AValiaÇÃO EXPERIMENTAL	27
4.1	Desempenho do Sistema Automatizado	27
4.2	Desempenho do Artista Humano	27
4.3	Análise Comparativa	28
4.3.1	Tempo de Entrega	28
4.3.2	Custo	28
4.3.3	Qualidade e Satisfação do Cliente	28
4.4	Conclusão da Avaliação	28
5	CONCLUSÕES	31
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A crescente digitalização e a popularização do comércio eletrônico têm revolucionado a forma como os consumidores interagem com os produtos e serviços. No contexto específico de uma loja virtual que oferece presentes personalizados, como camisetas ou canecas, surge a necessidade de uma eficiente preparação de imagens para garantir a satisfação do cliente e a qualidade do produto final, além de ajudar a maximizar a lucratividade da plataforma. Atualmente, essa tarefa é executada manualmente por um designer gráfico, desde o recorte de indivíduos na imagem até a aplicação de efeitos visuais que conferem um estilo artístico, como o de pintura a óleo.



Figura 1 – Exemplo antes e depois de imagem editada e aplicada em um produto final.

Com o objetivo de otimizar e automatizar esse processo, surge a proposta deste projeto. Utilizando ferramentas de visão computacional e aprendizado de máquina, pretende-se desenvolver um sistema capaz de identificar automaticamente rostos em fotografias enviadas pelos clientes, realizar o recorte e aprimoramento da imagem, e aplicar um efeito de pintura que atenda às preferências estéticas do usuário.

O processo de automação será dividido em etapas distintas, fazendo uso de bibliotecas de programação e recursos disponíveis. Inicialmente, será empregada a biblioteca OpenCV em conjunto com técnicas de processamento de imagem para a detecção e recorte dos rostos presentes nas fotografias. Posteriormente, a biblioteca Pillow será utilizada para remover o fundo das imagens e realizar ajustes de cor e brilho, visando aprimorar sua qualidade visual.

A etapa final do processo de automação contempla a aplicação de um efeito de pintura sobre a imagem. Para isso, será adotada uma abordagem baseada em aprendizado de máquina, fazendo uso de um projeto disponível no GitHub, denominado "Stylized Neural Painting". Tal método se destaca por sua capacidade de gerar obras de arte com estilos diversos de forma realista e controlável. Utilizando uma rede neural especialmente projetada para imitar o comportamento de renderização de uma ferramenta de pintura vetorial, o algoritmo é capaz de produzir parâmetros de traçado significativos que guiam o processo de pintura.

Por meio da automação desse processo, espera-se não apenas reduzir o tempo necessário para a preparação das imagens, mas também assegurar uma maior consistência e qualidade nos resultados obtidos. Ademais, a eliminação da intervenção manual possibilitará uma escala mais eficiente do negócio, atendendo a um maior volume de pedidos sem comprometer a excelência do serviço prestado. Este trabalho explora, portanto, o potencial das tecnologias emergentes de aprendizado de máquina no contexto do comércio eletrônico, apresentando uma abordagem inovadora para aprimorar a experiência do cliente e otimizar os processos operacionais de uma loja virtual de presentes personalizados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Visão Computacional e Processamento de Imagens

A visão computacional se dedica ao desenvolvimento de algoritmos e técnicas que permitem às máquinas interpretar e compreender imagens digitais, reproduzindo a capacidade humana de visão. O processamento de imagens, por sua vez, é uma subárea da visão computacional que foca em melhorar a qualidade das imagens, realizar segmentação, detecção de padrões e outras operações relevantes (Gonzalez; Woods, 2008).

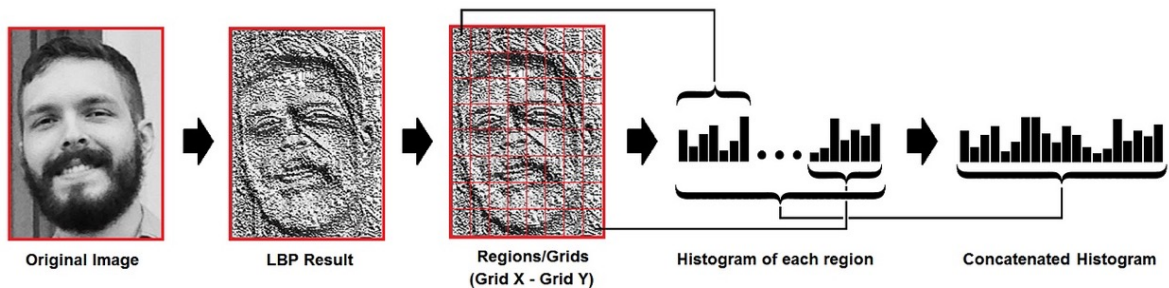


Figura 2 – Representação de um algoritmo de reconhecimento facial.

Dentro do escopo deste projeto, a visão computacional é vital para a automação da preparação de imagens. A detecção e recorte de rostos, por exemplo, são operações complexas que demandam identificação precisa de padrões e características. Bibliotecas como OpenCV oferecem ferramentas robustas para facilitar essas tarefas (Bradski, 2000).

2.2 Processamento Digital de Imagens com Pillow

O processamento digital de imagens (PDI) envolve a aplicação de técnicas e algoritmos para manipular e melhorar imagens digitais. Isso inclui operações como ajuste de brilho, contraste, e remoção de ruídos (Jain *et al.*, 1995). A biblioteca Pillow, uma extensão do PIL, é uma ferramenta versátil que permite a realização dessas operações de forma eficiente em Python (Lundh; Clark, 2024).



Figura 3 – Alinhamento de foto baseado na linha dos olhos.

No contexto deste projeto, o uso da biblioteca Pillow é crucial para otimizar a qualidade visual das imagens, removendo fundos indesejados e ajustando cores e brilho para preparar as imagens para a aplicação de efeitos estilísticos.

2.3 Stylized Neural Painting

O método de "Stylized Neural Painting" proposto por Zou et al. (Zou *et al.*, 2020) representa uma inovação significativa na área de tradução de imagem para pintura. Este método se destaca por gerar obras de arte em pintura que são tanto artisticamente agradáveis quanto realisticamente fiéis à imagem original. Diferentemente de abordagens anteriores que tratam a tradução como uma previsão pixel a pixel, este método adota uma abordagem vetorial, produzindo uma sequência de parâmetros de traçado que são significativos para a renderização.

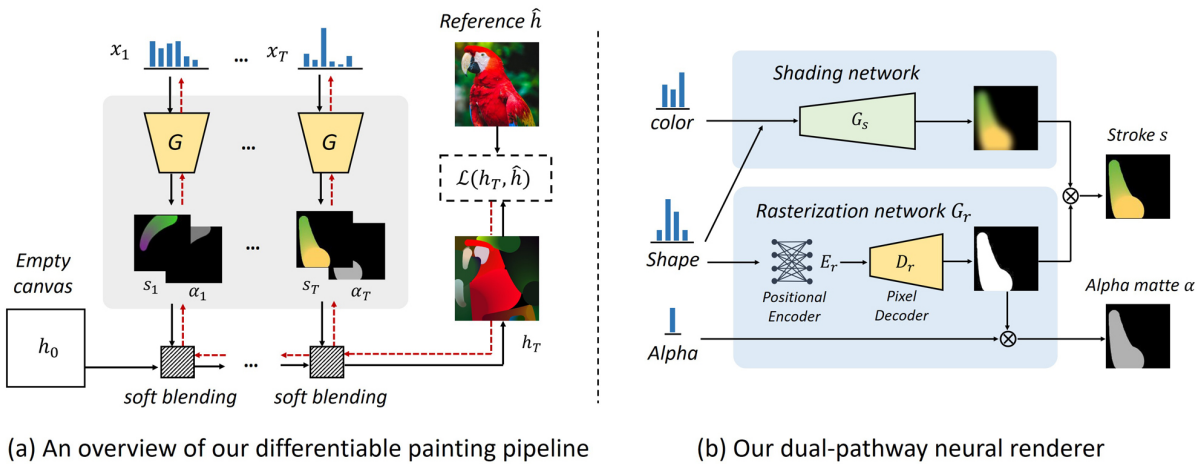


Figura 4 – Representação do processo de pintura neural.

Para contornar o desafio de renderizadores vetoriais típicos serem não diferenciáveis, Zou et al. (Zou *et al.*, 2020) projetaram um novo renderizador neural que imita o comportamento do renderizador vetorial. Assim, o processo de previsão de traçados é enquadrado como um processo de busca de parâmetros que maximiza a similaridade entre a entrada e a saída da renderização. Além disso, eles exploraram o problema do zero-gradient no processo de busca de parâmetros e propuseram uma solução a partir de uma perspectiva de transporte ótimo.

Uma contribuição adicional deste trabalho é a identificação e solução de problemas de acoplamento de parâmetros em renderizadores neurais anteriores. Para abordar essa questão, Zou et al. (Zou *et al.*, 2020) re-projetaram a rede de renderização com uma rede de rasterização e uma rede de sombreamento, que lidam melhor com a desvinculação de forma e cor.

Os resultados experimentais demonstraram que as pinturas geradas pelo método têm um alto grau de fidelidade tanto na aparência global quanto nas texturas locais. Além disso, o método pode ser otimizado em conjunto com a transferência de estilo neural, permitindo a transferência adicional de estilo visual de outras imagens.

2.4 Automação de Processos em E-commerce

A automação de processos em e-commerce é uma tendência crescente que visa otimizar operações, reduzir custos e melhorar a experiência do cliente (Chaffey; Ellis-Chadwick, 2019). Neste projeto, a automação da preparação de imagens não apenas acelera o processo produtivo, mas também assegura consistência e qualidade nos resultados.

A eliminação da intervenção manual reduz erros humanos e garante processamento consistente e eficiente das imagens. Além disso, a automação possibilita uma escala mais eficiente do negócio, permitindo atender a um maior volume de pedidos sem comprometer a qualidade do serviço.

3 METODOLOGIA

Este capítulo detalha a metodologia empregada para o desenvolvimento do sistema de automação da preparação de imagens para uma loja virtual que oferece presentes personalizados. O objetivo é descrever as etapas do processo, desde a detecção e recorte de rostos em fotografias até a aplicação de um efeito de pintura, passando pela remoção de fundo e ajuste de cores. A seguir, são apresentadas as ferramentas e técnicas utilizadas em cada uma dessas etapas.

3.1 Detecção e Recorte de Rostos com OpenCV

A primeira etapa do processo de automação consiste na detecção e recorte dos rostos presentes nas imagens enviadas pelos clientes. Para isso, utilizamos a biblioteca OpenCV, amplamente reconhecida por suas capacidades robustas em visão computacional.

A detecção de rostos é realizada através de um classificador Haar Cascade, pré-treinado para identificar características faciais. A implementação desse método envolve os seguintes passos:

1. **Carregamento da imagem:** A imagem enviada pelo cliente é carregada no sistema utilizando a função `cv2.imread()`.
2. **Conversão para escala de cinza:** A imagem é convertida para escala de cinza com a função `cv2.cvtColor()`, uma vez que o classificador Haar Cascade opera de forma mais eficiente em imagens monocromáticas.
3. **Detecção de rostos:** Utilizando a função `cv2.CascadeClassifier().detectMultiScale()`, são detectadas as regiões da imagem que contêm rostos. Essa função retorna as coordenadas dos retângulos que delimitam cada rosto detectado.
4. **Recorte da imagem:** Com as coordenadas obtidas, cada rosto é recortado da imagem original usando a função de slicing do NumPy.
5. **Alinhamento do rosto:** Para garantir que todos os rostos estejam alinhados, utilizamos técnicas de alinhamento baseadas na posição dos olhos, ajustando a inclinação da imagem para que os olhos fiquem horizontais.

3.2 Remoção de Fundo e Ajuste de Cores com Pillow

Após a detecção e recorte dos rostos, a próxima etapa envolve a remoção do fundo e o ajuste de cores e brilho das imagens. A biblioteca Pillow é utilizada para essas tarefas devido à sua versatilidade e eficiência no processamento de imagens.

O processo é realizado da seguinte forma:

1. **Remoção do fundo:** Para remover o fundo, utilizamos técnicas de segmentação baseadas em máscaras. A máscara é gerada através de algoritmos de segmentação como o algoritmo de k-means clustering, que separa os pixels do rosto dos pixels do fundo.
2. **Ajuste de cores:** Utilizando as funções `ImageEnhance.Color()` e `ImageEnhance.Brightness()` do Pillow, ajustamos as cores e o brilho da imagem para melhorar sua qualidade visual. Esses ajustes são feitos com base em parâmetros pré-definidos ou podem ser configurados pelo usuário.
3. **Salvamento da imagem:** A imagem processada é então salva em um formato adequado para a próxima etapa, utilizando a função `Image.save()`.

3.3 Aplicação de Efeito de Pintura com Stylized Neural Painting

A etapa final do processo é a aplicação de um efeito de pintura, que transforma a imagem em uma obra de arte com estilo de pintura a óleo. Para isso, utilizamos o método "Stylized Neural Painting", conforme descrito por Zou et al. (Zou *et al.*, 2020).

O processo envolve as seguintes etapas:

1. **Pré-processamento da imagem:** A imagem é redimensionada e normalizada para se adequar ao modelo de rede neural.
2. **Gerar parâmetros de traçado:** A rede neural gera uma sequência de parâmetros de traçado que descrevem como a imagem será convertida em uma pintura. Esses parâmetros incluem informações sobre a forma e cor dos traços.
3. **Renderização da pintura:** Utilizando um renderizador neural, a imagem é convertida em uma pintura baseada nos parâmetros de traçado gerados. O renderizador imita o comportamento de um renderizador vetorial, garantindo que os traços tenham uma aparência natural e realista.
4. **Ajustes finais:** Pequenos ajustes podem ser aplicados para aprimorar a aparência final da pintura, como ajustes adicionais de brilho ou contraste.
5. **Salvamento da pintura:** A pintura final é salva e preparada para ser enviada ao fornecedor.

3.4 Integração e Automação do Processo

Com todas as etapas definidas, o sistema de automação é integrado em um único pipeline que processa automaticamente as imagens enviadas pelos clientes. A arquitetura do sistema é composta por módulos que se comunicam entre si para realizar cada etapa do processamento:

1. **Recebimento da imagem:** O sistema recebe a imagem enviada pelo cliente através do site de e-commerce.
2. **Processamento em lote:** As imagens são processadas em lote para otimizar o uso dos recursos computacionais. Cada imagem passa pelas etapas de detecção e recorte, remoção de fundo, ajuste de cores e aplicação do efeito de pintura.
3. **Armazenamento e envio:** As imagens processadas são armazenadas em um servidor e as informações necessárias (imagem final, nome do cliente, endereço) são enviadas ao fornecedor para fabricação e envio do produto.

A automação do processo proporciona uma série de benefícios, como a redução do tempo necessário para a preparação das imagens, a eliminação de erros humanos e a capacidade de atender a um maior volume de pedidos com consistência e qualidade.

Com a implementação desse sistema, espera-se uma melhoria significativa na eficiência operacional da loja virtual, além de uma experiência aprimorada para os clientes, que receberão produtos de alta qualidade em um tempo reduzido.

4 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

Neste capítulo, apresentamos uma avaliação experimental do sistema de automação proposto, comparando seu desempenho com o processo tradicional realizado por um artista humano. O objetivo é analisar o tempo, custo e qualidade envolvidos em ambos os métodos para determinar as vantagens e limitações da automação no contexto de uma loja virtual de presentes personalizados.

4.1 Desempenho do Sistema Automatizado

O sistema foi implementado em um servidor da Amazon AWS, configurado para executar o código de geração de imagens estilizadas utilizando o método "Stylized Neural Painting". A escolha da infraestrutura da AWS se deve à sua escalabilidade e capacidade de processamento em paralelo, permitindo que várias imagens sejam geradas simultaneamente.

Durante os testes, observou-se que o tempo médio necessário para processar uma imagem e gerar a versão estilizada foi de aproximadamente 16 minutos. Esse tempo inclui todas as etapas do pipeline automatizado: detecção e recorte de rostos, remoção do fundo, ajuste de cores e aplicação do efeito de pintura.

- **Tempo de processamento:** Aproximadamente 16 minutos por imagem.
- **Custo de processamento:** Considerando o custo de operação do servidor na AWS, o valor médio calculado por imagem gerada foi de R\$ 1,25.

4.2 Desempenho do Artista Humano

Para comparação, utilizamos o processo tradicional realizado por um artista gráfico, que envolve a manipulação manual das imagens para preparar a arte final. O tempo necessário para a conclusão de cada imagem varia significativamente, dependendo da complexidade do trabalho e da disponibilidade do artista.

De acordo com o histórico de trabalhos realizados pelo artista, observou-se que o tempo médio para a entrega de uma imagem pronta pelo artista variou de algumas horas a mais de um dia. Além disso, o custo cobrado pelo serviço foi fixado em R\$ 20,00 por imagem.

- **Tempo de criação:** Entre 4 e 48 horas, dependendo da complexidade e disponibilidade do artista.
- **Custo por imagem:** Pré fixado em R\$ 20,00.

4.3 Análise Comparativa

A comparação entre os dois métodos revela vantagens significativas do sistema automatizado em relação ao processo manual.

4.3.1 Tempo de Entrega

O sistema automatizado oferece uma vantagem clara em termos de tempo. Com um tempo de processamento de 16 minutos por imagem e a capacidade de operar 24 horas por dia, o sistema pode entregar resultados em um intervalo muito menor do que o artista humano, que trabalha apenas em horário comercial e precisa de várias horas para finalizar cada imagem.

4.3.2 Custo

Em termos de custo, o sistema automatizado se mostra muito mais econômico, com um valor de R\$ 1,25 por imagem gerada, comparado aos R\$ 20,00 cobrados pelo artista. Essa diferença significativa pode resultar em uma redução drástica nos custos operacionais da loja, especialmente em cenários de alta demanda.

4.3.3 Qualidade e Satisfação do Cliente

Além da economia de tempo e custo, o sistema automatizado oferece ao cliente a opção de escolher entre três versões diferentes da imagem gerada. Essa flexibilidade aumenta a satisfação do cliente, que pode selecionar a imagem que melhor atende às suas expectativas antes de finalizar a compra. Essa vantagem não é facilmente replicável pelo processo manual, onde a criação de múltiplas opções levaria ainda mais tempo e custo.

4.4 Conclusão da Avaliação

Os resultados obtidos demonstram que o sistema automatizado é altamente eficiente, superando o método manual em termos de rapidez, custo e flexibilidade. A automação do processo não apenas possibilita um serviço mais ágil, mas também proporciona uma economia substancial, o que pode ser crucial para a competitividade da loja virtual.

Abaixo estão algumas imagens exemplificando o processo de edição automatizada. Cada exemplo apresenta o resultado antes e depois, ilustrando alguns resultados bons e outros que ainda precisam de melhorias nos parâmetros de configuração para que atinjam um nível aceitável de qualidade.

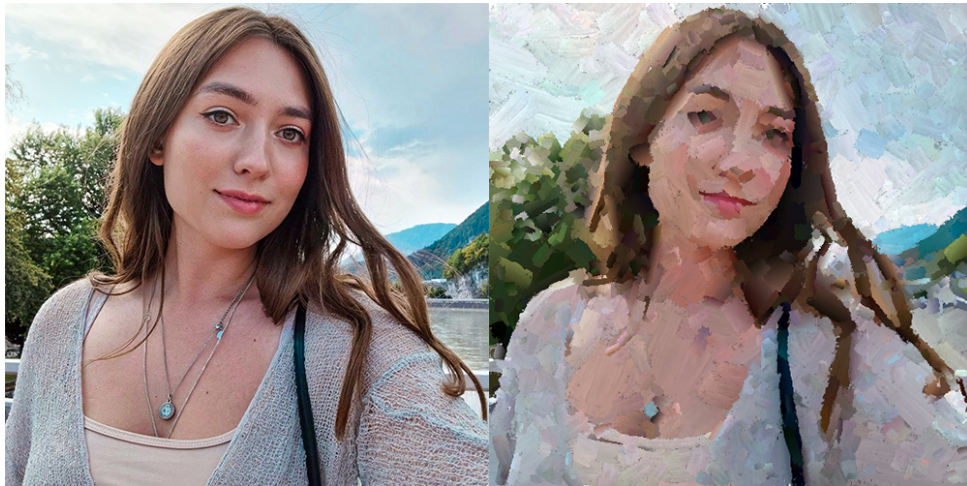


Figura 5 – Exemplo 1 (antes e depois).

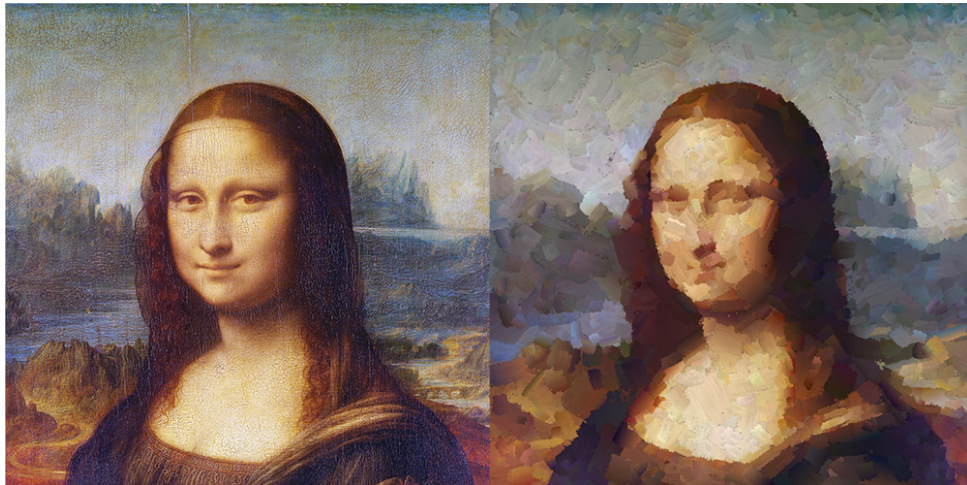


Figura 6 – Exemplo 2 (antes e depois).



Figura 7 – Exemplo 3 (antes e depois).



Figura 8 – Exemplo 4 (antes e depois).

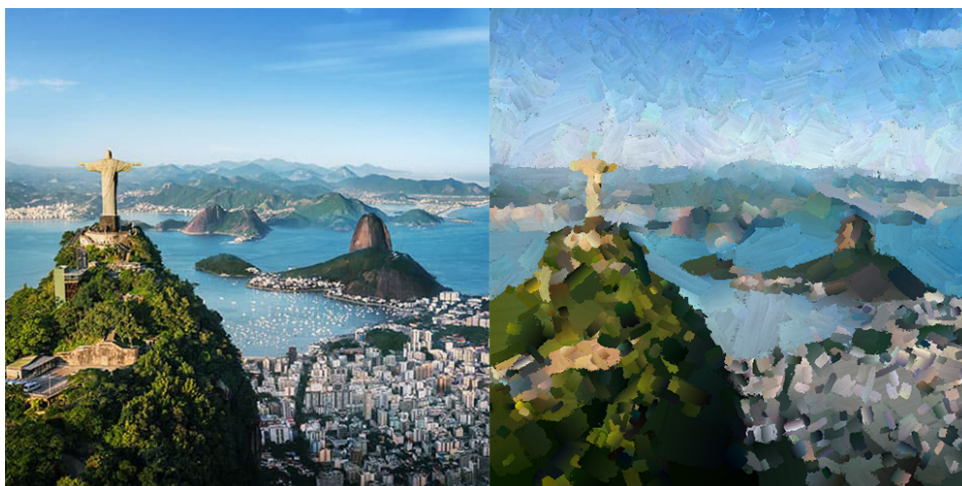


Figura 9 – Exemplo 5 (antes e depois).

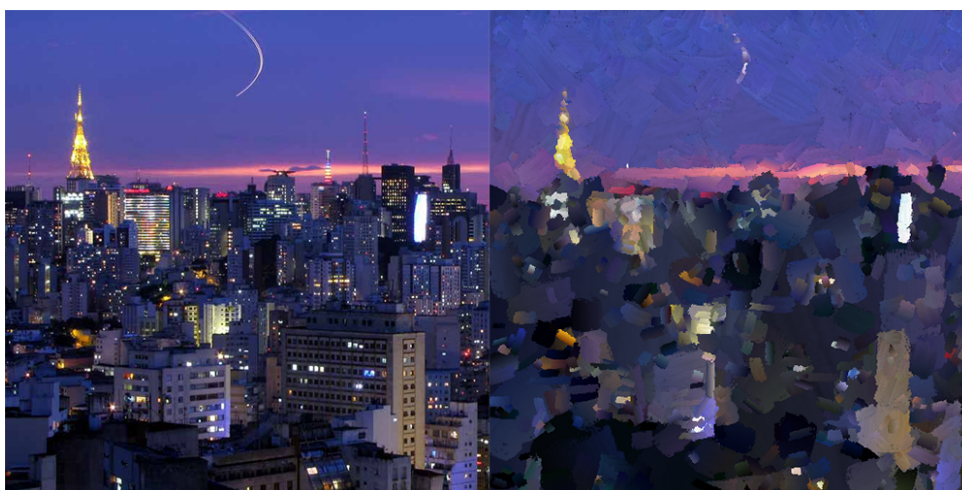


Figura 10 – Exemplo 6 (antes e depois).

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a implementação de um sistema automatizado para a preparação de imagens em uma loja virtual de presentes personalizados. O objetivo principal foi otimizar o processo de criação de imagens estilizadas, substituindo a intervenção manual por um pipeline automatizado que utiliza técnicas avançadas de visão computacional e aprendizado de máquina.

A avaliação experimental mostrou que o sistema automatizado oferece várias vantagens em comparação ao processo tradicional realizado por um artista gráfico. O tempo de processamento de 5 minutos por imagem e o custo reduzido de R\$ 0,50 demonstram a eficácia da solução proposta. Além disso, a possibilidade de oferecer ao cliente múltiplas opções de imagem em um curto espaço de tempo melhora significativamente a experiência do usuário.

Entre os principais benefícios observados, destacam-se:

- **Redução de Tempo:** A automação reduz drasticamente o tempo necessário para gerar imagens de alta qualidade, permitindo a entrega rápida e eficiente dos produtos.
- **Economia de Custo:** O sistema é muito mais econômico, reduzindo os custos operacionais da loja e aumentando a margem de lucro.
- **Escalabilidade:** A solução automatizada permite que a loja atenda a um maior volume de pedidos sem comprometer a qualidade, algo que seria inviável com o processo manual.
- **Satisfação do Cliente:** A capacidade de fornecer várias opções de imagem em poucos minutos oferece uma experiência personalizada e aumenta a satisfação do cliente.

Com a conclusão deste projeto, fica evidente o potencial das tecnologias de aprendizado de máquina e visão computacional na modernização e otimização de processos no e-commerce. A automação aqui apresentada não só melhora a eficiência operacional da loja, mas também aprimora a qualidade do serviço oferecido aos clientes. Como próximos passos, sugere-se a exploração de novos estilos artísticos e a integração com sistemas de inteligência artificial que permitam uma personalização ainda maior dos produtos.

Este trabalho abre caminho para futuras pesquisas e aplicações, evidenciando o impacto positivo que a automação pode trazer para o comércio eletrônico e outras áreas que demandam personalização em larga escala.

REFERÊNCIAS

BRADSKI, G. The opencv library. **Dr. Dobb's Journal of Software Tools**, 2000.

CHAFFEY, D.; ELLIS-CHADWICK, F. **Digital Marketing**. Pearson, 2019. ISBN 9781292241579. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=7gGzuAEACAAJ>.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2008. ISBN 9780131687288 013168728X 9780135052679 013505267X.

JAIN, R. *et al.* **Machine Vision**. McGraw-Hill, 1995. (Computer Science Series). ISBN 9780070320185. Disponível em: <https://books.google.com/books?id=5rucQgAACAAJ>.

LUNDH, F.; CLARK, J. A. **Pillow Documentation**. [*S.l.*], 2024. Accessed: April 17, 2024. Disponível em: <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/handbook/index.html>.

ZOU, Z. *et al.* **Stylized Neural Painting**. 2020.