

# Análise e Especificação do Sistema de Automatização de Manufatura Aditiva

**Eugênio Polistchuk Berendsen**  
**Gabriel Almeida Fontes**  
**Vinícius Baldan Herrera**

## Automatização de Manufatura Aditiva

VERSÃO: 0.1

DATA DE REVISÃO: 08/06/2025

## Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Descrição do Problema	1
1.2 Alternativas existentes	1
1.3 Objetivos	1
1.4 Definição do usuário	1
2. FUNCIONALIDADES DO SISTEMA	2
2.1. Requisitos funcionais	2
2.2. Requisitos não-funcionais	2
2.3. Escopo	3
3. DIAGRAMA DE CASO DE USO	4
3.1. Diagrama de caso de uso	4
3.2. Especificação de caso de uso	4
4. MODELO DE CLASSES	5
4.1. Modelo de Domínio ( Fase de análise)	5
4.2. Diagrama de Classe (Fase de projeto)	5
5. DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA	6
6. DIAGRAMA DE MÁQUINA	7
7. CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DO SOFTWARE	8
7.1. Ambiente operacional	8
7.2. Arquitetura do software	8
7.3. Subsistemas e Componentes	8
8. RISCOS	9
9. CRONOGRAMA	1
10. CONCLUSÕES	2
RESPONSABILIDADES	3

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Descrição do Problema

A manufatura aditiva, especialmente por meio da impressão 3D, enfrenta entraves que dificultam sua expansão entre pequenos empreendedores e usuários iniciantes. Os processos ainda são lentos, exigem conhecimento técnico e dependem de etapas manuais que comprometem a eficiência. Além disso, os custos são elevados e variam conforme o tipo de projeto e a localização, tornando o serviço pouco acessível. A terceirização da impressão, comum entre quem não possui equipamentos, encarece ainda mais o processo e aumenta o tempo de espera. A falta de domínio técnico também leva a falhas na produção e desperdício de materiais. Manter esse cenário gera riscos como a estagnação do setor, baixa competitividade e desestímulo à inovação local. Diante disso, o desenvolvimento de um sistema automatizado surge como uma solução estratégica, capaz de reduzir custos, aumentar a autonomia do usuário e tornar a impressão 3D mais acessível e eficiente, especialmente para pequenos negócios e criadores independentes.

## 1.2 Alternativas existentes

Atualmente, existem diversas alternativas no mercado para enfrentar os problemas relacionados à manufatura aditiva, especialmente no que diz respeito à automação e acessibilidade da impressão 3D. A principal alternativa são os **serviços terceirizados de impressão 3D**, disponíveis em plataformas como Treatstock, 3D Hubs (hoje parte da Hubs) e algumas redes locais que conectam usuários a prestadores de serviço. Essas plataformas facilitam o acesso à impressão, mas ainda envolvem **custos elevados, prazos longos e falta de controle direto sobre o processo**.

Outra alternativa são as **impressoras 3D com sistemas semi-automatizados**, como os modelos da Prusa, Bambu Lab e Creality, que oferecem recursos como nivelamento automático da mesa, sensores de falhas e integração com softwares de fatiamento. Contudo, essas máquinas ainda exigem conhecimento técnico para operação completa e não oferecem automação total do fluxo de trabalho (como retirada automática da peça, organização de filas de produção ou interface amigável para leigos).

Há também **projetos acadêmicos e de startups** em andamento que buscam automatizar partes do processo, como braços robóticos para pós-processamento, plataformas de monitoramento remoto com IA para detecção de falhas, e sistemas integrados de gerenciamento de múltiplas impressoras.

## 1.3 Objetivos

A proposta deste projeto se destaca por buscar **uma solução completa, acessível e focada no usuário iniciante e pequeno empreendedor**, automatizando desde o preparo até o controle da produção, eliminando a dependência de conhecimento técnico aprofundado ou serviços de terceiros

## 1.4 Definição do usuário

**Pequenos empreendedores e artesãos:** utilizam a impressão 3D para criar produtos personalizados e buscam uma solução acessível, eficiente e fácil de operar, sem depender de terceiros ou conhecimento técnico avançado.

**Designers e criadores independentes:** produzem protótipos, peças decorativas e utilitárias, e necessitam de agilidade no processo produtivo, com maior controle sobre a impressão.

**Instituições de ensino e estudantes:** utilizam a impressão 3D como ferramenta educacional e demandam sistemas automatizados que simplifiquem o uso e reduzam erros comuns.

**Hobbystas e entusiastas da tecnologia:** interessados em explorar a impressão 3D de forma prática, desejam uma solução intuitiva que automatize processos e reduza a curva de aprendizado

## 2.1. Requisitos funcionais

Id	Descrição	Solicitante	Prioridade
RF01	Permitir que o usuário crie uma conta com dados necessários (nome, e-mail, endereço e senha)	Usuário	Alta
RF1.2	Realizar o cadastro e edição dos dados do usuário	Usuário	Alta
RF02	Realizar orçamento de peças conforme a quantidade	Usuário	Alta
RF2.1	O sistema deverá permitir o upload do arquivo STL	Usuário	Alta
RF2.2	Permitir o upload de imagens do modelo	Usuário	Baixa
RF2.3	Descrição livre	Usuário	Alta
RF2.4	TXT2IMG	Usuário	Alta
RF2.5	IMG2STL	Usuário	Alta
RF2.6	Validar STL	Usuário	Baixa
RF2.7	Fatiar STL	Usuário	Alta
RF03	Registrar a quantidade de itens selecionados	Banco de dados	Media
RF04	Realizar Pedido	Usuário	Alta

<b>Id</b>	<b>Descrição</b>	<b>Solicitante</b>	<b>Prioridade</b>
<b>RF4.1</b>	<b>Realizar o pagamento via PIX ou cartão de crédito</b>	<b>Usuário</b>	<b>Alta</b>
<b>RF4.2</b>	<b>emitir nota fiscal eletrônica (NFe) automaticamente</b>	<b>Usuário</b>	<b>Alta</b>
<b>RF 4.3</b>	<b>Registrar Pedido</b>	<b>Banco de dados</b>	<b>Media</b>
<b>RF05</b>	<b>Oferecer opções de entrega via transportadora, Correios e Sedex</b>	<b>Usuário</b>	<b>Média</b>
<b>RF06</b>	<b>Histórico</b>	<b>Usuário</b>	<b>Média</b>
<b>RF6.1</b>	<b>Avaliar produto recebido</b>	<b>Usuário</b>	<b>Alta</b>
<b>RF6.2</b>	<b>Acompanhar status do pedido</b>	<b>Usuário</b>	<b>Média</b>
<b>RF07</b>	<b>Solicitar cancelamento/suporte do pedido</b>	<b>Usuário</b>	<b>Alta</b>
<b>RF08</b>	<b>Visualizar Pedidos</b>	<b>Admin</b>	<b>Alta</b>
<b>RF8.1</b>	<b>Aprovar Envios</b>	<b>Admin</b>	<b>Alta</b>
<b>RF09</b>	<b>Gerenciar Usuários</b>	<b>Admin</b>	<b>Alta</b>

## 2.2. Requisitos não-funcionais

<b>ID</b>	<b>Descrição</b>	<b>Solicitante</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Detalhamento</b>
<b>RFN01</b>	<b>Interface amigável</b>	<b>Usuário final</b>	<b>Alta</b>	<b>O sistema deve apresentar uma</b>

ID	Descrição	Solicitante	Prioridade	Detalhamento
				interface intuitiva e de fácil navegação.
RFN02	Tempo de resposta	Patrocinador	Alta	O tempo de carregamento das páginas não deve exceder 2 segundos.
RFN03	Compatibilidade com navegadores	Patrocinador	Alta	O sistema deve funcionar nos navegadores Chrome, Firefox e Edge (últimas 3 versões).
RFN04	Adoção de boas práticas de desenvolvimento	Patrocinador	Alta	O sistema deve seguir padrões definidos pela organização para código e segurança.
RFN05	Criptografia de comunicação	Patrocinador	Alta	Todas as transações devem ocorrer sob protocolo HTTPS com TLS ativo.
RFN06	Alta disponibilidade	Patrocinador	Alta	O sistema deve estar disponível pelo menos 99,5% do tempo útil (horário comercial).
RFN07	Tempo médio de reparo (MTTR)	Patrocinador	Média	O tempo médio para recuperação após falhas não deve ultrapassar 2 horas.
RFN08	Controle de bugs críticos	Patrocinador	Alta	O sistema deve manter taxa máxima de 1 bug crítico a cada 5.000 linhas de código.

ID	Descrição	Solicitante	Prioridade	Detalhamento
RFN09	<b>Suporte a múltiplos usuários simultâneos</b>	Patrocinador	Média	<b>O sistema deve suportar no mínimo 100 usuários ativos simultaneamente.</b>
RFN10	<b>Manutenibilidade e padrão de código</b>	Equipe técnica	Média	<b>O código deve seguir padrão de nomenclatura e estar bem documentado.</b>

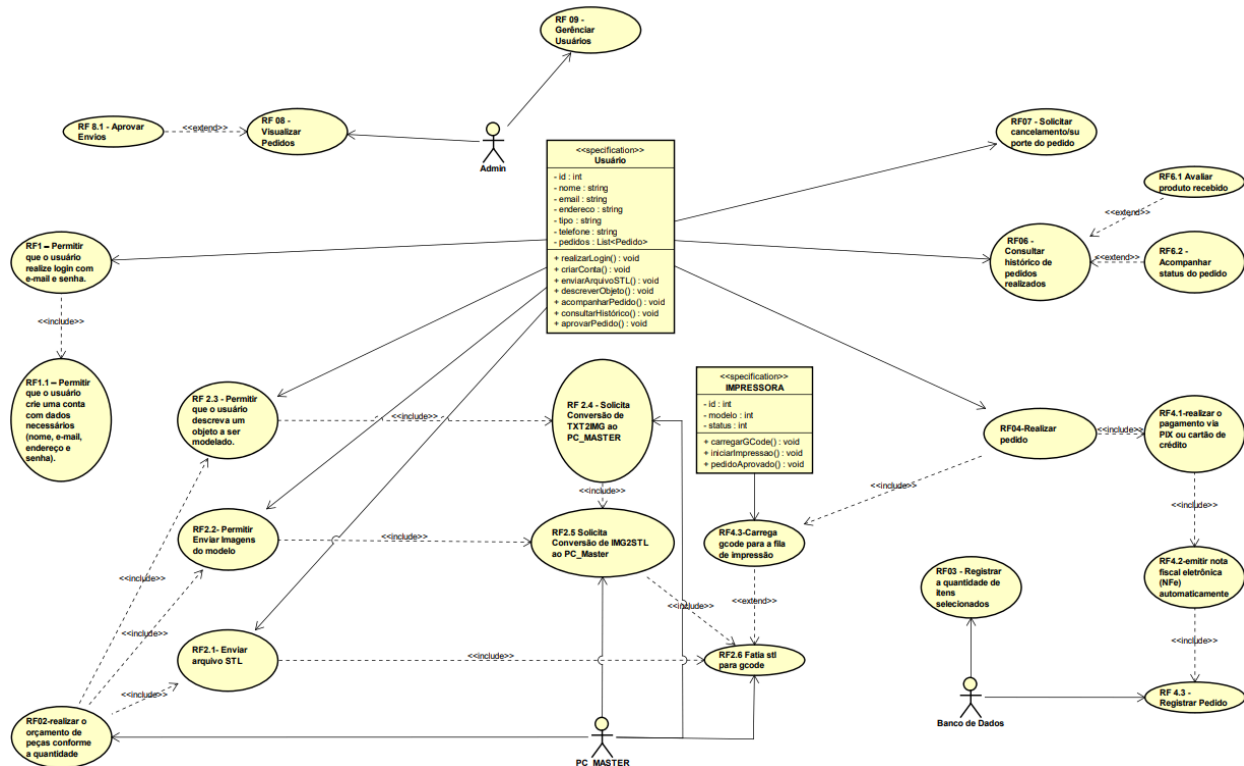
### 2.3. Escopo

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema web automatizado para facilitar o processo de venda e gestão de serviços de manufatura aditiva (impressão 3D), voltado a pequenos empreendedores, designers e usuários finais com pouca familiaridade técnica. A solução busca otimizar o fluxo de orçamentos, pedidos, pagamentos e entregas, promovendo autonomia, eficiência e redução de custos.

O projeto entregará
O conjunto de artefatos UML completos (diagrama de casos de uso, tabela de requisitos funcionais e descrição textual dos casos) que se relacionem e forneçam a compreensão completa do funcionamento da ferramenta
Um documento explicativo consolidando atores, fluxos principais, exceções e restrições de escopo, servindo como referência de estudo para futuras implementações
O projeto não entregará
Qualquer implementação em código, protótipo de interface ou MVP funcional do sistema de impressão 3D descrito no cenário.
Integrações reais com meios de pagamento, logística ou emissão de notas fiscais, pois tais aspectos extrapolam o objetivo didático de modelagem em UML.

## 3. DIAGRAMA DE CASO DE USO

### 3.1. Diagrama de caso de uso



### 3.2. Especificação de caso de uso

Nome do Caso de Uso:	Sistema de integração de usuário Manufatura
Ator (s):	Usuário Final
Objetivo:	Permitir que o usuário obtenha o valor estimado de impressão de acordo com o modelo STL enviado, peso, tempo e quantidade desejada. E que esse possa ser comprado e entregue em sua residência
Fluxo Básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O usuário acessa o sistema e realiza login.</li> <li>2. O usuário seleciona uma dentre as opções, "Descrever Modelo", "Criar modelo A partir de imagem", "Enviar Modelo".</li> <li>3. O PC_Master faz as conversões necessárias para calcular automaticamente o tempo estimado de impressão, peso do modelo e o custo total com base em regras definidas.</li> <li>4. O Banco de dados Registra o pedido e os modelos utilizados</li> </ol>



	<ol style="list-style-type: none"><li>5. <b>O sistema exibe o orçamento detalhado.</b></li><li>6. <b>O usuário pode confirmar o orçamento ou salvá-lo para decisão posterior.</b></li><li>7. Aprovando o usuário poderá escolher métodos pagamentos entrega</li><li>8. Com o pagamento aprovado o cliente pode Acompanhar o seu pedido Contatar o suporte ou cancela-lo</li></ol>
<b>Fluxo Alternativo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>3a. Arquivo inválido:</b><ol style="list-style-type: none"><li>a. O sistema detecta que o arquivo STL está corrompido ou fora do padrão.</li><li>b. Exibe mensagem de erro e solicita novo envio.</li></ol></li><li>• <b>5a. Sistema fora do ar:</b><ol style="list-style-type: none"><li>a. Se a API de cálculo estiver indisponível, o sistema exibe mensagem informando a falha temporária.</li></ol></li></ul>
<b>Pré-Condições</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• O usuário deve estar autenticado.</li><li>• O sistema deve estar conectado ao módulo de cálculo de orçamento.</li></ul>
<b>Pós-Condições</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• O orçamento é registrado e vinculado ao usuário.</li><li>• O arquivo STL é armazenado temporariamente para consulta posterior.</li></ul>

## ● 4. MODELO DE CLASSES

### 4.1. Modelo de Domínio ( Fase de análise)

#### 1. Usuário

- **Responsável por:** realizar pedidos, enviar arquivos, acompanhar status e avaliar pedidos.
- **Atributos:** id, nome, email, endereço, telefone, tipo (cliente ou admin), pedidos.

#### 2. Pedido

- **Representa:** uma requisição de serviço feita por um usuário.
- **Atributos:** id, usuariold, status, dataCriacao, valorTotal.
- **Associações:**
  - 1 usuário → 0..\* pedidos
  - 1 pedido → 1..\* itens
  - 1 pedido → 1 pagamento
  - 1 pedido → 0..1 avaliação

#### 3. Item

- **Representa:** um modelo 3D solicitado no pedido, com quantidade e preço unitário.
- **Atributos:** id, pedidold, nome, quantidade, precoUnitario.
- **Associações:**
  - 1 pedido → 1..\* itens
  - 1 item → 1 arquivo 3D

#### 4. Arquivo3D

- **Representa:** o conteúdo digital do objeto a ser impresso.
- **Atributos:** id, tipo (imagem, texto, STL), caminhoArquivo, formatoValido.
- **Funções:** envio, conversão para STL, fatiamento, validação.

## 5. Pagamento

- **Representa:** o pagamento referente a um pedido.
- **Atributos:** id, pedidold, metodo, valor, status.

## 6. Avaliação

- **Representa:** o feedback do usuário após a entrega.
- **Atributos:** id, pedidold, nota, comentário.

## 7. Impressora

- **Responsável por:** receber o GCode e realizar a impressão.
- **Atributos:** id, modelo, status.

## 8. Adminn

- **Possui funções administrativas:**
  - aprovar envios
  - visualizar pedidos
  - gerenciar usuários

## Relacionamentos

- **Usuário → Pedido (1:N)**
- **Pedido → Item (1:N)**
- **Item → Arquivo3D (N:1)**
- **Pedido → Pagamento (1:1)**

- **Pedido** → **Avaliação** (1:0..1)
- **Impressora** → processa modelos (não diretamente relacionado no diagrama com Arquivo3D, mas pode ser implícito via GCode)
- **Adminn** → interage com Usuário e Pedido (por meio de funções, não diretamente como entidade persistente)

## Resumo do Domínio

O sistema representa uma **plataforma de pedidos de impressão 3D personalizados**, onde:

**Usuários** criam contas e enviam arquivos de modelos (ou imagens/textos a converter).

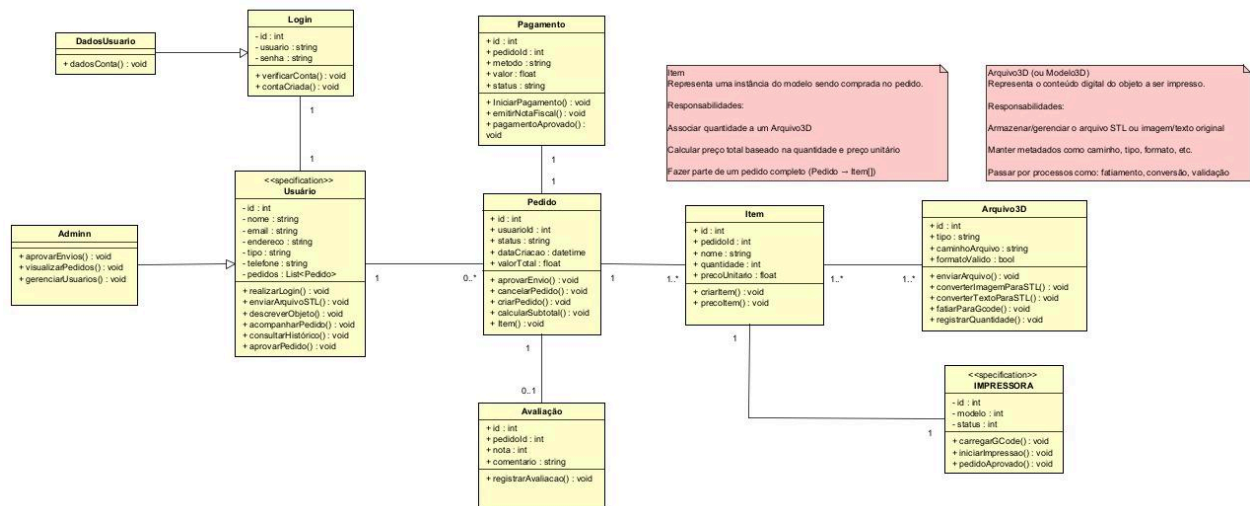
Os arquivos são transformados e associados a **itens** em **pedidos**.

Cada pedido tem um **pagamento** e pode ser **avaliado**.

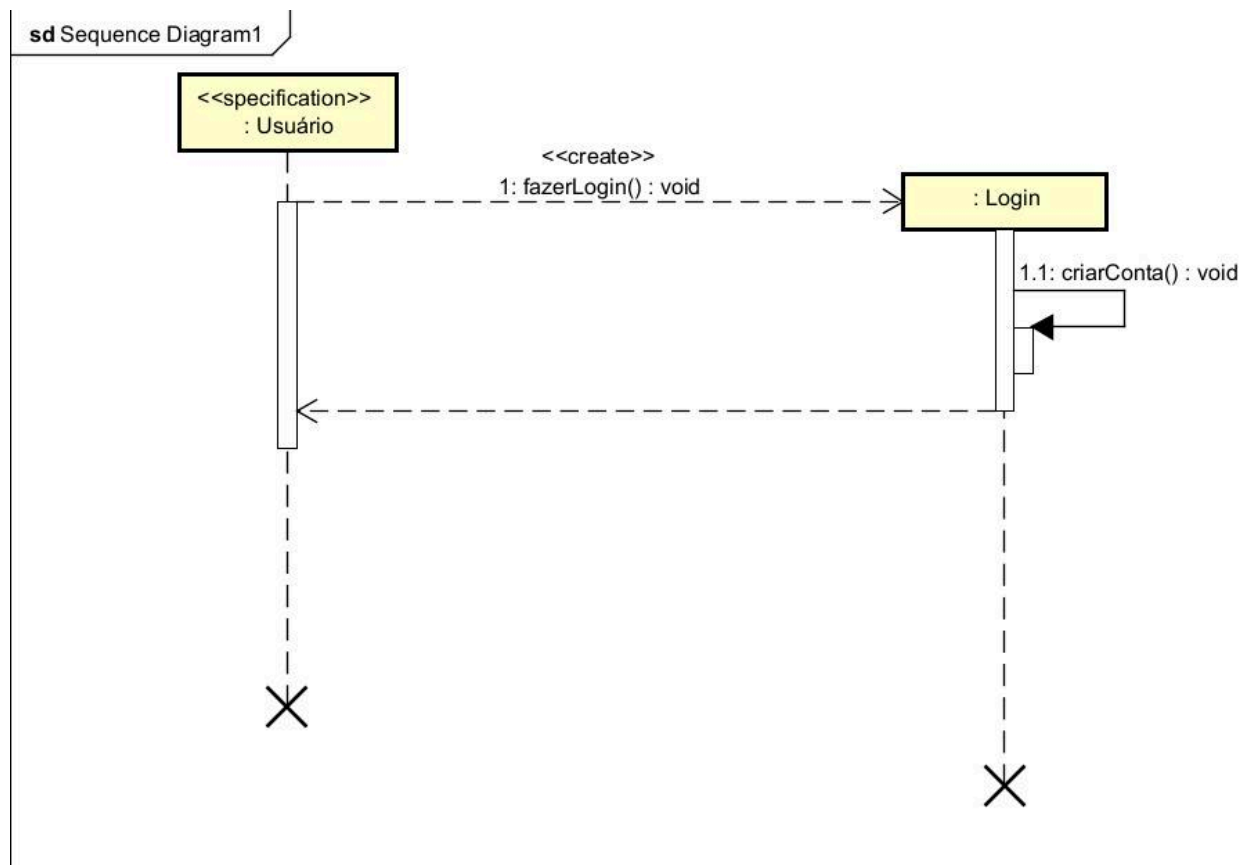
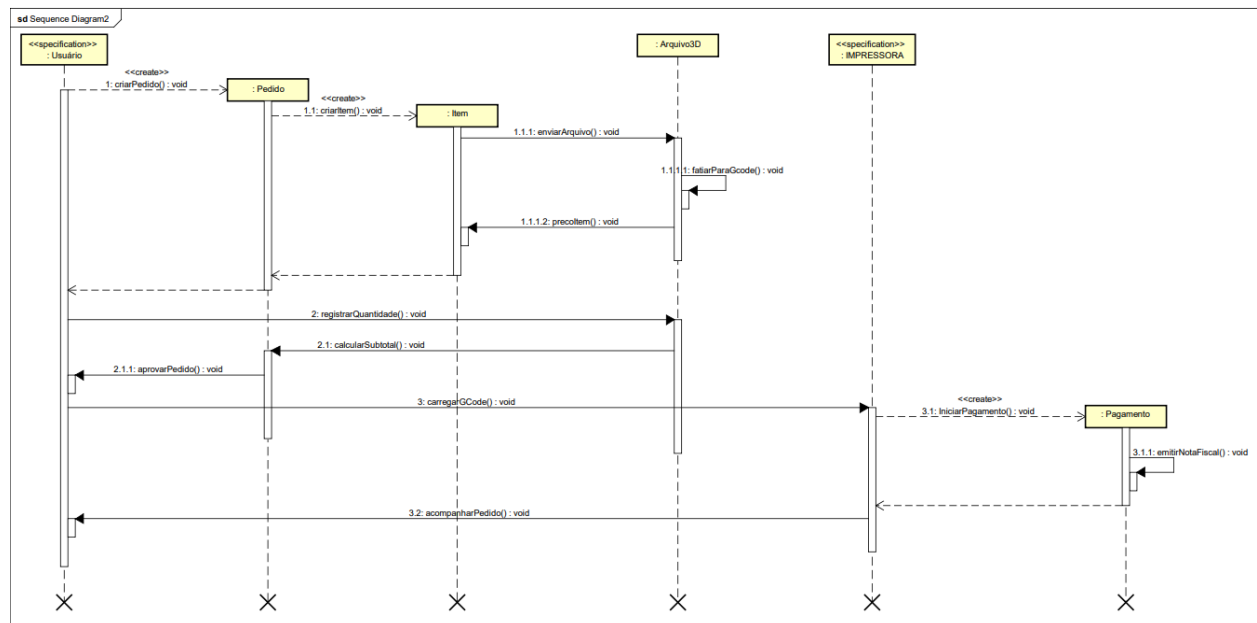
**Admins** gerenciam o fluxo e aprovam envios.

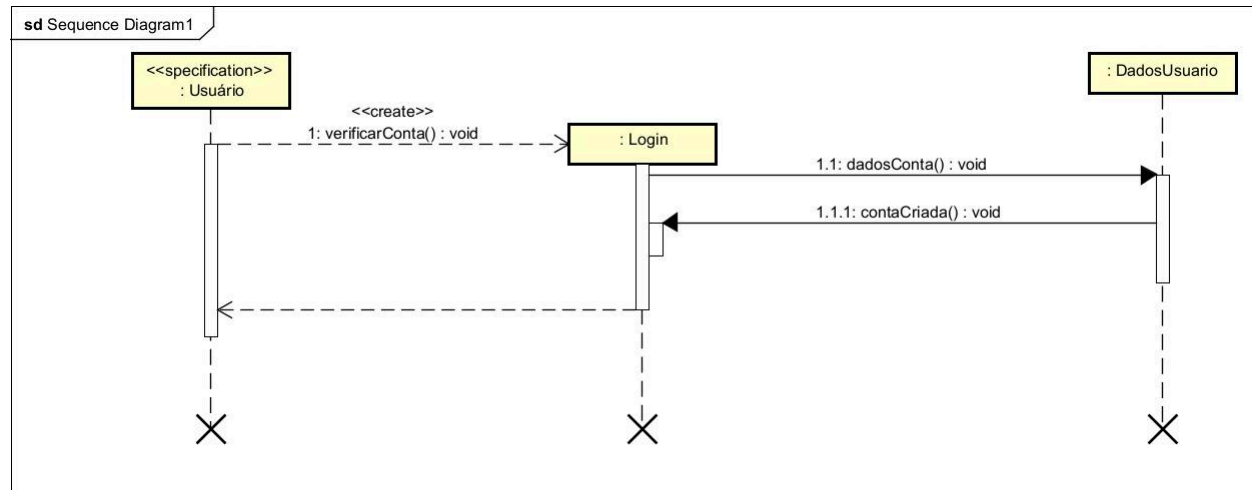
O processo final envolve a **impressora** realizando a produção com base no GCode gerado.

## 4.2. Diagrama de Classe (Fase de projeto)

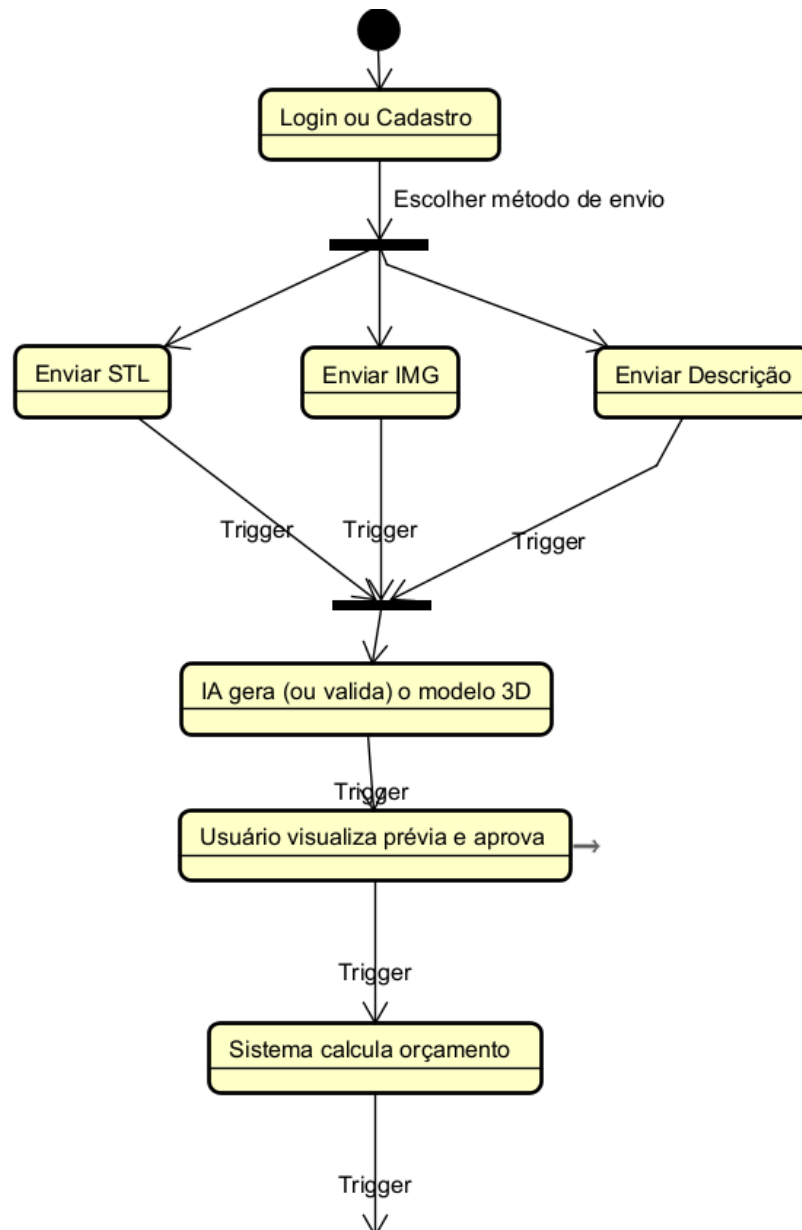


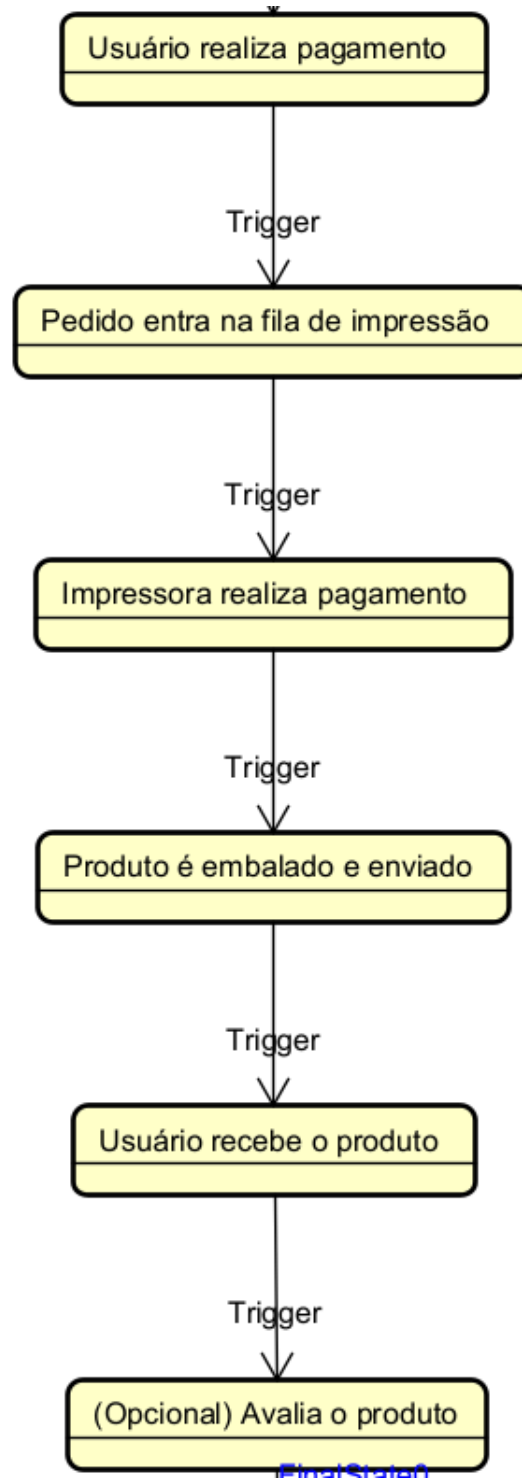
## ● 5. DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA



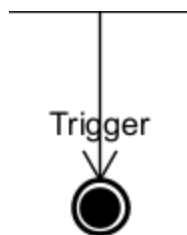


## 6. DIAGRAMA DE MÁQUINA







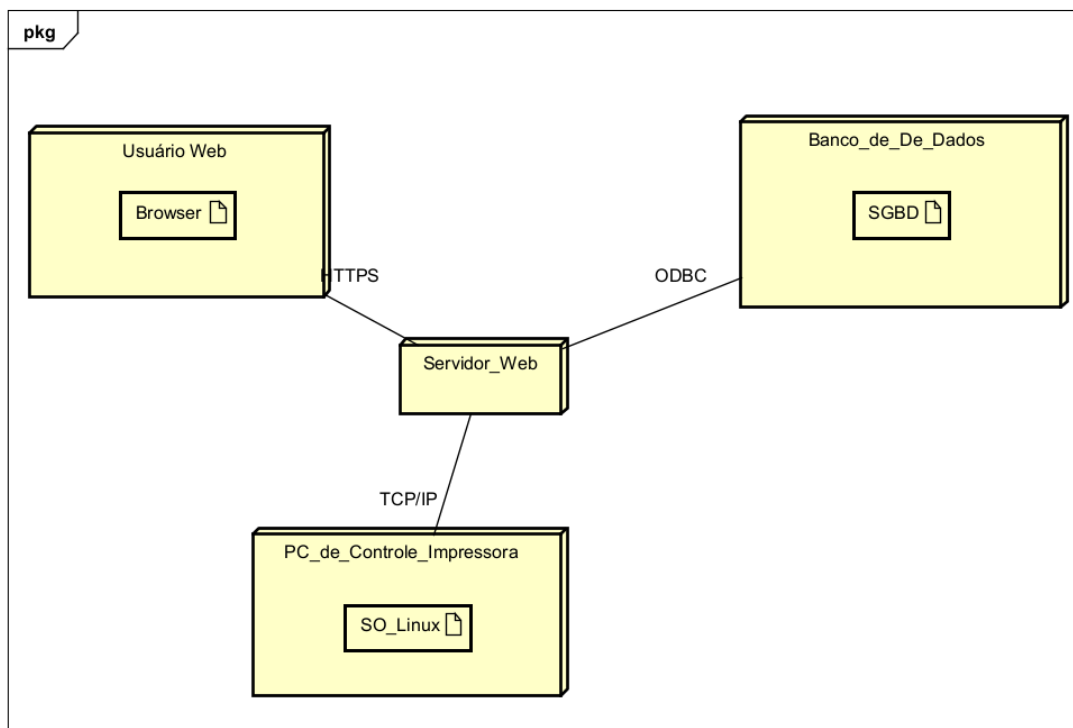


## • 7. CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DO SOFTWARE

### 7.1. Ambiente operacional

O sistema de pedidos de impressão 3D opera em uma arquitetura distribuída em três camadas: cliente, servidor e dispositivos de impressão. O cliente acessa a aplicação via navegador moderno, em dispositivos como computadores ou smartphones. O servidor de aplicação, hospedado em nuvem, executando backend em Python (Flask/Django), frontend web e banco de dados (PostgreSQL/MySQL). A comunicação com as impressoras ocorre via API, utilizando OctoPrint ou software similar. O diagrama de implantação representa a interação entre os componentes, destacando a centralização da lógica no backend e o envio do G-code para as impressoras conectadas. Isso garante organização, escalabilidade e controle do fluxo de pedidos até a produção física.

### 7.2. Arquitetura do software



8. RISCOS

ID	Descrição do Risco	Probabilidade (P)	Impacto (I)	Severidade (S = P × I)	Ação de Prevenção	Ação de Contingência
1	Falha na comunicação entre o sistema e a impressora 3D via OctoPrint	3 (Alta)	3 (Alta)	9	Realizar testes semanais na API; validar G-code antes do envio	Redirecionar o G-code para outro servidor/configuração manual temporária
2	Perda de dados por falha no banco ou falta de backup	2 (Média)	3 (Alta)	6	Implementar backup automático diário e versionamento	Restaurar backup mais recente e validar integridade dos dados
3	Ataques de segurança na API ou acesso indevido a dados de usuários	2 (Média)	3 (Alta)	6	Usar autenticação JWT, criptografia HTTPS e firewall	Revogar acessos, restaurar ambiente e emitir aviso aos usuários
4	Dificuldade do usuário em utilizar o sistema por falhas de usabilidade	3 (Alta)	2 (Médio)	6	Realizar testes de usabilidade com usuários reais antes do lançamento	Fornecer tutorial interativo ou assistência online
5	Incompatibilidade de arquivos enviados pelos usuários (formato errado ou corrompido)	3 (Alta)	1 (Baixo)	3	Implementar validação automática do arquivo na submissão	Solicitar novo arquivo ao usuário com mensagem de erro clara
6	Indisponibilidade temporária do servidor web	2 (Média)	1 (Baixo)	2	Monitoramento com ferramentas como UptimeRobot ou Pingdom	Reinicializar serviços ou mover temporariamente para servidor espelho

A Tabela de Riscos apresentada a seguir tem como objetivo identificar, avaliar e propor estratégias para mitigar os principais riscos associados ao desenvolvimento do sistema de gerenciamento de pedidos e impressão 3D sob demanda. Esta análise foi realizada com base nas características específicas do projeto, na infraestrutura prevista e nas tecnologias adotadas, como integração com impressoras via OctoPrint, uso de banco de dados relacional, e comunicação com o usuário via aplicação web.

Cada risco foi numerado e descrito de forma clara, sendo avaliado de acordo com dois critérios principais: **probabilidade de ocorrência** e **impacto no projeto**, ambos classificados em escala de 1 (baixo) a 3 (alto). A multiplicação desses fatores gera o índice de **severidade**, permitindo organizar os riscos do mais grave ao menos crítico, facilitando a priorização de ações preventivas.

As **ações de prevenção** foram planejadas para minimizar a probabilidade de que cada risco se concretize, enquanto as **ações de contingência** visam conter os danos e garantir a continuidade do projeto caso o risco ocorra. Esses planos são essenciais para manter a estabilidade e a confiabilidade do sistema durante o desenvolvimento e operação.

É importante destacar que os riscos foram revistos e refinados com base nas considerações feitas durante o Estudo de Viabilidade. Algumas medidas, como a automatização de backups, o uso de autenticação segura e a validação antecipada de arquivos, já foram incorporadas ao planejamento técnico do sistema. A análise contínua desses riscos acompanhará a evolução do projeto, sendo ajustada conforme novas etapas forem implementadas e conforme surgirem novas vulnerabilidades ou pontos críticos.

## ● 9. CRONOGRAMA

O desenvolvimento do sistema de gerenciamento de pedidos e impressão 3D foi planejado com base em uma periodicidade **semanal**, distribuída ao longo de **10 semanas**, considerando as demandas do semestre, o domínio técnico do aluno e os marcos definidos no Compromisso Pedagógico. Fatores como semanas de provas, feriados acadêmicos e complexidade das tarefas foram cuidadosamente ponderados, a fim de garantir uma estimativa **realista e viável** de execução.

O cronograma contempla desde a análise e modelagem inicial até a entrega da solução funcional, passando por etapas intermediárias essenciais como testes, integração e documentação. As tecnologias envolvidas — como Flask/Django, PostgreSQL e a API do OctoPrint — já são parcialmente dominadas pelo aluno, o que contribui para a fluidez do desenvolvimento, embora etapas específicas de integração e depuração exijam margens maiores de tempo. A seguir, apresenta-se o cronograma proposto:

Semana	Período	Etapas/Atividades	Recursos Envolvidos
1	03/06 – 07/06	Definição de escopo, estudo de viabilidade, levantamento de requisitos	Aluno + Orientador
2	10/06 – 14/06	Modelagem de dados (MER e DER), casos de uso, e diagramas de classe	Aluno
3	17/06 – 21/06	Prototipação inicial da interface (HTML/CSS), estrutura básica do backend	Aluno
4	24/06 – 28/06	Implementação dos modelos e conexão com banco de dados (PostgreSQL)	Aluno
5	01/07 – 05/07	Integração das rotas de controle (MVC), testes com dados fictícios	Aluno
6	08/07 – 12/07	Semana de provas – foco reduzido (apenas revisões menores e correções)	Aluno
7	15/07 – 19/07	Integração com OctoPrint, envio de G-code e automação do fluxo de impressão	Aluno + Documentação API OctoPrint
8	22/07 – 26/07	Testes de ponta a ponta, tratamento de erros, ajustes de segurança e login	Aluno
9	29/07 – 02/08	Produção dos artefatos finais (diagramas, tabela de riscos, cronograma)	Aluno
10	05/08 – 09/08	Documentação final, vídeo de demonstração, preparação para entrega/apresentação	Aluno + Ferramentas de captura e edição

## ● 10. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do sistema de gerenciamento de pedidos e impressão 3D sob demanda representa uma proposta alinhada com a crescente demanda por soluções automatizadas, personalizáveis e acessíveis no contexto da manufatura digital. Desde a definição do escopo até a construção dos artefatos técnicos e validação da arquitetura, o projeto demonstrou solidez, coerência técnica e viabilidade prática.

A adoção da arquitetura MVC e a organização em camadas permitiram uma separação clara de responsabilidades entre a interface, a lógica de negócio e a persistência dos dados, favorecendo a manutenibilidade e a escalabilidade da aplicação. A integração com a API do OctoPrint, elemento essencial para o controle físico das impressoras 3D, também foi planejada com segurança e modularidade.

Ao longo do projeto, os diagramas desempenharam um papel central na estruturação e validação da solução proposta. O Diagrama de Classes foi fundamental para definir entidades e relacionamentos, consolidando a estrutura dos dados. O Diagrama de Sequência auxiliou na visualização dos fluxos entre os objetos durante a realização de pedidos, enquanto o Diagrama de Atividades contribuiu para compreender os caminhos de decisão e ações executadas pelo sistema. Já o Diagrama de Implantação permitiu representar de forma clara a distribuição física dos componentes e suas interações em ambiente real, e o Diagrama de Componentes evidenciou a aplicação prática do padrão MVC, reforçando a organização lógica do sistema.

Com base na revisão da tabela de riscos e na análise da evolução do projeto desde o estudo de viabilidade, observa-se que os principais riscos foram devidamente identificados e tratados com ações preventivas e planos de contingência adequados. A integração com dispositivos físicos, a segurança dos dados e a estabilidade do sistema foram priorizadas em todas as etapas.

O cronograma, por sua vez, foi estruturado de forma realista, respeitando os limites do calendário acadêmico, a carga de provas e o domínio técnico do desenvolvedor, o que reforça a confiança no cumprimento das próximas etapas.

Em síntese, o projeto segue viável e tecnicamente sólido. A base conceitual, aliada ao uso efetivo de representações gráficas e ferramentas de engenharia de software, assegura que a solução atenda aos requisitos estabelecidos e esteja preparada para evoluções futuras, incluindo a expansão para múltiplas impressoras, novos módulos de pagamento e maior automação no processo de produção.

## ● **RESPONSABILIDADES**

**Eugênio Polistchuk Berendsen**

**Gabriel Almeida Fontes**

**Vinícius Baldan Herrera**

● **Eugênio Polistchuk Berendsen**

**Gabriel Almeida Fontes**  
**Vinícius Baldan Herrera**



● **Eugênio Polistchuk Berendsen**

**Gabriel Almeida Fontes**  
**Vinícius Baldan Herrera**

**Eugênio Polistchuk Berendsen**

**Gabriel Almeida Fontes**  
**Vinícius Baldan Herrera**