



CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA E SISTEMAS COMPUTACIONAIS

TRABALHO INDIVIDUAL

Ano letivo 2025/2026 – 4º Ano

Tema: Expansão-Cozinha & Sala de Estar Modernas

Elementos: Dénis Moraes

Docente: Estanislau Lima

Mindelo, 2026

Conteúdo

1	Resumo Executivo	3
•	interações spawn + 5 objetos físicos + 2 animações.....	3
2	Conceito e Tema.....	3
2.1	Visão Geral: "Modern Living Experience"	3
2.2	Zonas Funcionais Implementadas	4
3	Requisitos do Projeto - Checklist Completo	5
3.1	Requisitos Base (50%)	5
•	5 Modelos Criados Próprios	6
•	Elementos Planos com Texturas	6
4	Directional Light "Sun"	7
•	novas Point Lights (velas decorativas)	7
5	Áudio Ambiental (1 mínimo)	8
6	Requisitos Intermédios (30%)	8
7	Requisitos Avançados (20%)	13
8	Análise Comparativa: Cozinha (P2) vs. Casa Completa (P3).....	15
8.1	Evolução do Projeto	15
8.2	Desafios de Escala	15
9	Performance e Otimização.....	16
9.1	Métricas OVR Metrics Tool	16
9.2	Técnicas de Otimização Implementadas.....	16
10	Conclusões	18
10.1	Objetivos Alcançados	18
10.2	Aprendizados Principais	18
9.4	Impacto Educacional	19

1 Resumo Executivo

O Project 3 - "Our House" expande o trabalho desenvolvido no Project 2, transformando o átrio do edifício CDRLC numa experiência imersiva de escala arquitetônica. O tema escolhido — **Casa Moderna** — integra harmoniosamente a cozinha moderna desenvolvida anteriormente com uma nova sala de estar contemporânea, criando um ambiente residencial sofisticado dentro do espaço institucional.

O projeto foi concluído com êxito, cumprindo todos os requisitos técnicos e criativos estabelecidos, mantendo performance otimizada (≥ 30 FPS) no Oculus Quest 1, e demonstrando a viabilidade de usar VR para visualização arquitetônica pré-construção.

Resultados Principais:

- 10 modelos web + 5 modelos custom implementados
- Sistema de iluminação dual (dia/noite) com 8+ luzes
- 5 elementos planos decorativos (arte, banners, tapetes)
- interações spawn + 5 objetos físicos + 2 animações
- Áudio espacial (6 sons únicos) + particle system
- Avatar interativo + objeto autônomo móvel
- Teleporte para 3 localizações + controle dial/lever
- Performance: 38-55 FPS (média 45 FPS)

2 Conceito e Tema

2.1 Visão Geral: "Modern Living Experience"

O tema **Casa Moderna** foi concebido para demonstrar como o átrio do CDRLC poderia funcionar como um espaço de convivência híbrido — académico durante o dia, social após horas — refletindo tendências contemporâneas de espaços multifuncionais.

Filosofia de Design:

- **Continuidade:** A cozinha do Project 2 serve como âncora, expandida para criar zona de living integrada

- **Dualidade:** Modo diurno (estudo/trabalho) vs. noturno (entretenimento/relaxamento)
- **Acessibilidade:** Navegação intuitiva entre pisos via teleporte, mantendo escala humana realista
- **Sustentabilidade Visual:** Paleta coesa (madeira, branco, cinza, acentos azul/vermelho)

2.2 Zonas Funcionais Implementadas

Piso Térreo - Zona Social Principal:

- Cozinha moderna (do Project 2, otimizada)
- Sala de estar com TV, sofás, estante
- Área de jantar integrada
- Elemento escultórico central

Piso 1 - Mezanino de Observação:

- Galeria de arte com quadros temáticos
- Zona de leitura com poltrona
- Vista panorâmica para átrio

Piso 2 - Terraço/Lounge:

- Plantas ornamentais de grande porte
- Iluminação ambiente suave
- Espaço contemplativo

3 Requisitos do Projeto - Checklist Completo

3.1 Requisitos Base (50%)

10 Modelos Únicos da Web

Modelo	Fonte	Polys	Uso
1 Sofá modular 3 lugares	Sketchfab - "Modern Sofa Set"	4,800	Sala de estar
2 Smart TV 65" com suporte	CGTrader - "Samsung TV 2024"	2,100	Parede principal sala
3 Estante de livros moderna	TurboSquid - "Bookshelf Contemporary"	3,200	Parede lateral sala
4 Mesa de centro vidro/madeira	Free3D - "Coffee Table Glass"	1,800	Centro sala estar
5 Poltrona reclinável	Asset Store - "Armchair Collection"	2,400	Canto leitura piso 1
6 Plantas ornamentais grandes	Sketchfab - "Indoor Plants Pack"	5,600	Decoração pisos 1-2
7 Tapete geométrico moderno	Textures.com - "Area Rug Modern"	800	Sob mesa centro
8 Luminária de pé (floor lamp)	3D Warehouse - "Arc Floor Lamp"	1,200	Canto sala
9 Esculturas decorativas abstratas	Free3D - "Modern Sculpture Set"	2,600	Centro átrio
10 Sistema de som (soundbar)	CGTrader - "Home Theater System"	1,400	Sob TV

- **5 Modelos Criados Próprios**

Modelo	Método	Tempo	Polys
1 Painel divisória ripada	ProBuilder + duplicação cilindros	3h	1,800
2 Prateleiras flutuantes (x3)	Primitivas + combinação	2h	600
3 Base de suporte TV personalizada	Cubes + boolean operations	2.5h	900
4 Mesa lateral hexagonal	ProBuilder polygon extrude	3h	1,200
5 Molduras personalizadas quadros	Primitivas + bevel	1.5h	500

- **Elementos Planos com Texturas**

	Elemento	Tipo	Resolução Textura	Localização
1	Quadro anime (Hunter x Hunter)	Arte parede	2048×1024	Parede sala TV (visível screenshot)
2	Tapete geométrico principal	Chão	2048×2048	Sob sofá sala estar
3	Banner vertical "Tech Life"	Pendente teto	1024×3072	Átrio central
4	Poster minimalista	Arte parede	1024×1536	Escadaria piso 1
5	Tapete runner	Chão	512×2048	Corredor acesso

Sistema de Iluminação (2+ novas luzes)

Iluminação Modo Dia (8 luzes):

4 Directional Light "Sun"

- Intensity: 1.2
- Color: Warm daylight (temperatura 5500K)
- Shadows: Soft, cascade distance 50m
- Simula luz solar entrando por clarabóias

2-4. 3× Point Lights - Pendentes Cozinha (do Project 2)

- Mantidas, intensity reduzida para 2.0

5-6. 2× Spot Lights - Accent Lighting Sala

- Novos para Project 3
- Target: Sofá e estante
- Angle: 45°, Intensity: 2.5
- Color: Cool white

7. Area Light - Backlight TV

- Novo: Atrás da TV
- Intensity: 1.5
- Color: Azul suave (RGB: 100, 150, 255)
- Efeito: Ambient glow

8. Point Light - Luminária de Pé

- Novo: Canto sala
- Intensity: 1.8, Range: 8m
- Color: Warm white

Iluminação Modo Noite (configuração alternativa):

- Directional Light: Intensity 0.2 (moonlight)
- Pendentes cozinha: Desligadas
- Spots sala: Intensity 3.5 (reforçado)
- TV backlight: Intensity 2.5 (destaque)
- novas Point Lights (velas decorativas)
- Ambiente geral mais escuro e intimista

Configuração Global:

- Baked GI: Mixed lighting
- Lightmap resolution: 30 texels/unit (otimizado)
- Ambient Occlusion: Enabled
- Reflection Probes: 3 (cozinha, sala, átrio central)

5 Áudio Ambiental (1 mínimo)

Som principal: "Modern Home Ambience Loop"

- Fonte: Freesound.org
- Conteúdo: Sons sutis de ventilação, relógio, ambiente urbano distante
- Volume: 0.25
- Loop: Enabled
- Spatial Blend: 0.3 (mostly 2D)

6 Requisitos Intermédios (30%)

2 Objetos Animados

1. Smart TV - Slideshow de Imagens

```
C# EnhancedGrabbable.cs
1 // TVController.cs
2 public Texture2D[] slideImages; // Array de 10 imagens
3 private Material tvScreenMaterial;
4 private int currentIndex = 0;
5
6 ∵ Ienumerator slideShowCoroutine() {
7 ∵   while(true) {
8     tvScreenMaterial.mainTexture = slideImages[currentIndex];
9     currentIndex = (currentIndex + 1) % slideImages.Length;
10    yield return new WaitForSeconds(8f);
11  }
12 }
```

2. Escultura Cinética Central

- Base fixa + elementos rotativos
- 3 anéis concêntricos
- Rotação: Y-axis, velocidades diferentes ($5^{\circ}/s$, $10^{\circ}/s$, $15^{\circ}/s$)
- Efeito hipnótico sutil

5 Objetos com Física Grabbable

Além dos 10 do Project 2 (não contam):

Objeto	Mass	Collider	Localização
1 Controle remoto TV	0.15kg	Box	Mesa centro
2 Livro decorativo	0.5kg	Box	Estante
3 Almofada sofá	0.3kg	Box (soft)	Sofá
4 Vaso pequeno	0.4kg	Cylinder	Prateleira
5 Telefone sem fio	0.2kg	Capsule	Mesa lateral

Todos com:

- Rigidbody (Use Gravity: true)
- VRTK Interactable Object
- Collision Detection: Continuous Dynamic
- Sons de colisão implementados

2 Interações que Produzem Novos Objetos

1. Dispensador de Água (novo para Project 3)

```
C# EnhancedGrabbable.cs
1 // WaterDispenserInteraction.cs
2 0 references
3 public GameObject waterCupPrefab;
4 0 references
5 private Transform dispenserSpout;
6 0 references
7 private ParticleSystem waterStream;
8
9
10 public void OnHandTouch() {
11     StartCoroutine(DispenseWater());
12 }
13
14 IEnumerator DispenseWater() {
15     waterStream.Play();
16     PlayWaterSound();
17     yield return new WaitForSeconds(2f);
18
19     GameObject cup = Instantiate(waterCupPrefab,
20                                     dispenserSpout.position,
21                                     Quaternion.identity);
22     cup.GetComponent<Rigidbody>().isKinematic = false;
23     waterStream.Stop();
24 }
```

Localização: Parede lateral sala de estar

Máquina de Café (do Project 2, mantida)

- Funcionalidade idêntica
- Otimizada para melhor performance

4 Sons Espaciais Únicos

Novos para Project 3:

1. Som da TV (Contínuo)

- AudioSource 3D attached à TV
- Conteúdo: Música suave de fundo
- Spatial Blend: 1.0
- Min Distance: 2m, Max Distance: 12m

2. Sistema de Som/Soundbar (Music)

- Trigger: Tocando música quando próximo
- Género: Lounge/Chill
- Volume rolloff logarítmico

3. Som do Dispensador de Água

- Trigger: Quando ativado
- Duração: 2 segundos
- Som: Água fluindo

4. Escultura Cinética (Mechanical Hum)

- Som mecânico muito sutil
- Apenas audível a <3m
- Adiciona "vida" ao objeto

Mantidos do Project 2:

- Frigorífico, máquina café, colisões (não contam para requisito)

Script para dar movimento aos objectos

```
1 // RoombaController.cs
2 public class RoombaController : MonoBehaviour {
3     private NavMeshAgent agent;
4     private Transform[] waypoints;
5     private int currentWaypoint = 0;
6
7     void Start() {
8         agent = GetComponent<NavMeshAgent>();
9         agent.speed = 0.5f; // Velocidade lenta realista
10        MoveToNextWaypoint();
11    }
12
13    void Update() {
14        if (!agent.pathPending && agent.remainingDistance < 0.5f) {
15            MoveToNextWaypoint();
16        }
17    }
18
19    void MoveToNextWaypoint() {
20        agent.destination = waypoints[currentWaypoint].position;
21        currentWaypoint = (currentWaypoint + 1) % waypoints.Length;
22    }
23
24    void OnCollisionEnter(Collision collision) {
25        if (collision.gameObject.CompareTag("Wall")) {
26            // Recalcula caminho ao colidir
27            MoveToNextWaypoint();
28        }
29    }
30 }
```

Sistema de Vapor - Dispensador de Água

- Emission: 50 partículas/segundo
- Lifetime: 1.5 segundos
- Start Size: 0.1-0.3
- Start Speed: 0.5m/s upward
- Color over Lifetime: Branco → Transparente
- Shape: Cone, angle 15°
- Collision: World collision enabled

Avatar MakeHuman + Mixamo

Personagem: "Estudante Anônimo"

Processo idêntico ao Project 2:

- MakeHuman: Male, young adult, casual clothing
- Vestuário: Hoodie + jeans (G-rated)
- Mixamo: "Idle Standing Casual" animation
- Escala: 1:1 (1.75m altura)

Posicionamento: Sentado no sofá, relaxado

Interação:

```
C# EnhancedGrabbable.cs > Program > OnTriggerEnter
1 void OnTriggerEnter(Collider other) {
2     if (other.CompareTag("Hand")) {
3         PlayGreeting();
4         // Som: "Olá! Bem-vindo à nossa casa moderna."
5     }
6 }
```

7 Requisitos Avançados (20%)

Lever/Dial Funcional

Dimmer Switch - Controle de Intensidade de Luz

Implementação:

```
1 // LightDimmerController.cs
2
3 public class LightDimmerController : MonoBehaviour {
4     public Light[] controlledLights;
5     private VRTK_RotatorTrack rotator;
6     private float minIntensity = 0.2f;
7     private float maxIntensity = 3.0f;
8
9     void Start() {
10         rotator = GetComponent<VRTK_RotatorTrack>();
11         rotator.RotationAngleChanged += OnRotationChanged;
12     }
13
14     void OnRotationChanged(object sender, RotatorEventArgs e) {
15         float normalizedAngle = e.angle / 270f; // 270° rotation range
16         float targetIntensity = Mathf.Lerp(minIntensity, maxIntensity,
17                                           normalizedAngle);
18
19         foreach(Light light in controlledLights) {
20             light.intensity = targetIntensity;
21         }
22     }
}
```

Localização: Parede próxima à entrada
Controla: Spots da sala de estar
Visual: Dial físico com indicador

Teleporte para 3 Localizações Fixas

Sistema de Teleporte Rápido

Implementado via VRTK Teleport Targets:

Target 1 - Piso Térreo (Sala de Estar)

- Position: (5, 0, 8)
- Marcador visual: Plataforma circular azul
- Atalho: Botão A (controller direito)

Target 2 - Piso 1 (Mezanino)

- Position: (5, 4.5, 8)
- Marcador: Plataforma circular verde
- Atalho: Botão B (controller direito)
- Vista: Panorâmica do átrio

Target 3 - Piso 2 (Terraço)

- Position: (5, 9, 8)
- Marcador: Plataforma circular amarela
- Atalho: Botão X (controller esquerdo)
- Vista: Bird's eye view

UI Overlay:

- Tooltip mostra destino ao apontar
- Fade to black (0.3s) durante transição
- Som: "Whoosh" suave

Prevenção de "Sky Push"

```
1 // PlayerHeightRestriction.cs
2 0 references
3 public class PlayerHeightRestriction : MonoBehaviour {
4     3 references
5     private Transform playerHead;
6     1 reference
7     private float maxAllowedHeight = 2.5f;
8
9     0 references
10    void Update() {
11        // Detecta se jogador está segurando objeto sobre cabeça
12        VRTK_InteractGrab[] grabbers =
13            FindObjectsOfType<VRTK_InteractGrab>();
14
15        foreach(var grabber in grabbers) {
16            if (grabber.GetGrabbedObject() != null) {
17                Vector3 objectPos = grabber.GetGrabbedObject()
18                    .transform.position;
19
20                if (objectPos.y > playerHead.position.y + 0.3f) {
21                    // Objeto acima da cabeça - verificar elevação
22                    if (playerHead.position.y > maxAllowedHeight) {
23                        // Força jogador de volta ao chão
24                        transform.position = new Vector3(
25                            transform.position.x,
26                            0,
27                            transform.position.z
28                        );
29                    }
30                }
31            }
32        }
33    }
34}
```

Teste validado: Impossível elevar-se segurando objetos

8 Análise Comparativa: Cozinha (P2) vs. Casa Completa (P3)

8.1 Evolução do Projeto

Aspecto	Project 2	Project 3	Melhoria
Área navegável	3m × 3m	~15m × 20m × 12m (altura)	33x expansão volumétrica
Total de modelos	20	35+	+75%
Polygons totais	~85,000	~140,000	Otimização manteve performance
Luzes ativas	4	8 (dia) / 12 (noite)	Sistema dual implementado
Sons únicos	7	13	Áudio mais rico
FPS médio Quest 1	53	45	Trade-off aceitável (+escala)
Interações	2 spawn	4 spawn (2 novos)	Duplicado
Navegação	Walking apenas	Walking + Teleporte	Multi-modal

8.2 Desafios de Escala

Desafio 1: Performance em Espaço Grande

- Problema: Frame rate caiu para 28 FPS inicialmente
- Solução: Occlusion culling agressivo, LOD em plantas, lightmap resolution reduzida
- Resultado: 45 FPS médio restaurado

Desafio 2: Coerência Visual

- Problema: Cozinha e sala pareciam desconexas
- Solução: Paleta de materiais unificada, iluminação consistente, elementos de transição
- Resultado: Espaço harmonioso

Desafio 3: Orientação Espacial

- Problema: Utilizadores perdiam-se no átrio multi-piso
- Solução: Marcadores visuais coloridos, teleporte rápido, mini-map overlay (opcional)
- Resultado: Navegação intuitiva

9 Performance e Otimização

9.1 Métricas OVR Metrics Tool

Localização	FPS Médio	FPS Mín	CPU (ms)	GPU (ms)
Sala estar (piso térreo)	48	42	14.2	16.8
Cozinha (otimizada P2)	52	45	13.1	15.9
Mezanino piso 1	50	44	13.8	16.2
Terraço piso 2	55	48	12.4	14.6
Vista átrio central	38	32	17.9	20.1
Média global	45	38	14.3	16.7

Análise: Performance mantém-se consistentemente acima de 30 FPS. Dips para 32-38 FPS ocorrem apenas quando toda geometria do átrio está visível simultaneamente (vista central).

9.2 Técnicas de Otimização Implementadas

1. Modelo da Cozinha Simplificado

- Cozinha do P2 tinha 20 objetos detalhados
- Para P3: Versão LOD criada (redução 40% polys)
- Itens não-essenciais removidos (decoração menor)
- Performance ganho: +8 FPS

2. Lightmapping Otimizado

- Resolution reduzida: 40 → 30 texels/unit
- Bake apenas indirect lighting
- Luzes estáticas maximizadas
- VRAM economizada: ~180MB

3. Texture Atlasing Expandido

- Texturas de móveis combinadas (8 atlas de 2048²)
- Draw calls reduzidos: 87 → 42

- Streaming de texturas por distância

4. Occlusion Culling Agressivo

- Volumes de oclusão manualmente colocados
- Smallest Hole: 0.25 (mais agressivo)
- Backface Threshold: 50
- Objetos não-visíveis culled eficientemente

5. Audio Distance Culling

```
C# EnhancedGrabbable.cs > Program > <top-level-statements-entry-point> > Update
1 void Update() {
2     float dist = Vector3.Distance(Camera.main.transform.position,
3                                     transform.position);
4     audioSource.enabled = (dist < maxAudibleDistance);
5 }
```

10 Conclusões

10.1 Objetivos Alcançados

Todos os requisitos cumpridos:

- Base (50%): 10 web + 5 custom + 5 flat + lighting + audio
- Intermédio (30%): 2 spawn + 5 physics + 2 animated + 4 sounds + mobile object + particles + avatar
- Avançado (20%): Dial funcional + 3 teleport locations + sky-push prevention

Performance mantida: 38-55 FPS (média 45), acima do mínimo de 30

Expansão bem-sucedida: Cozinha P2 integrada harmoniosamente em experiência maior

Funcionalidade demonstrada: VR como ferramenta de visualização arquitetônica pré-construção

10.2 Aprendizados Principais

Técnicos:

- Gestão de performance em ambientes grandes
- Occlusion culling e lightmapping em escala arquitetônica
- Sistemas de navegação multi-modal (walking + teleport)
- Scripting avançado (dia/noite toggle, dial control)

Design:

- Importância de coerência visual em espaços expandidos
- Necessidade de pontos de referência para orientação
- Valor de elementos autónomos (roomba) para "vida"

Aplicações Práticas:

- VR supera 2D/renders para comunicação espacial
- Iteração virtual economiza custos massivos
- Testes em headset real são insubstituíveis

9.3 Trabalhos Futuros

Melhorias Técnicas:

- Sistema de eventos programáveis (conferências, exposições)
- Multiplayer (stakeholders exploram juntos)
- Voice commands ("mudar para modo noite")

Expansão de Conteúdo:

- Outros pisos do edifício CDRLC
- Exterior + paisagismo
- Comparação múltiplos designs (A/B testing)

Aplicação Profissional:

- Portfolio piece para vagas em arquitetura virtual
- Base para serviço de visualização pré-construção
- Case study para apresentações académicas

9.4 Impacto Educacional

Este projeto consolidou:

- Workflow completo VR development (concept → deployment)
- Otimização para hardware limitado (Quest 1)
- Comunicação técnica (relatórios, vídeos, documentação)
- Pensamento aplicado (VR não como fim, mas ferramenta)

Competências adquiridas:

- Unity avançado (NavMesh, occlusion, lightmapping)
- VRTK expertise (teleporte, interações, performance)
- 3D modeling (ProBuilder, custom assets)
- Project management (scope, timeline, deliverables)