



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN
CURSO DE DESIGN

MARIANNA RODRIGUES BESSA

DO REAL AO VIRTUAL: A CONSTRUÇÃO DE NARRATIVAS VISUAIS
PARA O PASSEIO INTERATIVO NA GRUTA DE UBAJARA

FORTALEZA

2026

MARIANNA RODRIGUES BESSA

DO REAL AO VIRTUAL: A CONSTRUÇÃO DE NARRATIVAS VISUAIS
PARA O PASSEIO INTERATIVO NA GRUTA DE UBAJARA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Design do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Design.

Orientador: Prof. Dr. Diego Eneas Peres Ricca.

FORTALEZA

2026

MARIANNA RODRIGUES BESSA

DO REAL AO VIRTUAL: A CONSTRUÇÃO DE NARRATIVAS VISUAIS
PARA O PASSEIO INTERATIVO NA GRUTA DE UBAJARA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Design do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Design.

Aprovada em: 26/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Diego Eneas Peres Ricca (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Mariana Monteiro Xavier de Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Emílio Augusto Gomes de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Lucas Baptista Oliveira Souza
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Sheila Suely e João Fernando.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Sheila Suely e João Fernando, pelo incentivo constante e por acreditarem nos meus sonhos mesmo quando pareciam distantes. Obrigada por me encorajarem e por serem meu porto seguro, sempre de braços abertos.

À professora Tânia, que me orientou durante ATCD I, agradeço imensamente por ter acolhido minhas primeiras ideias e me guiado na definição do que este trabalho viria a se tornar. Sua orientação inicial foi a semente necessária para que este projeto criasse raízes e encontrasse seu rumo.

Ao meu orientador, professor Diego Ricca, pela confiança ao me convidar para integrar o projeto da Gruta de Ubajara. Obrigada por abraçar a ideia da animação comigo, pela paciência com o meu processo e pelas orientações.

Aos bolsistas e parceiros do projeto, Tiago Sarmiento e Mateus Valente, obrigada por compartilharem essa missão comigo. Um agradecimento mais que especial ao Mateus, que esteve ao meu lado durante dias e noites incansáveis de produção, obrigada pela parceria.

À minha parceira e companheira de vida, Camilla. Que feliz coincidência o destino ter me feito mergulhar na história da sua terra enquanto construíamos a nossa. Obrigada pelo apoio incondicional e paciência durante todo esse ano, e por me apresentar Ubajara com o olhar de quem ama.

Aos meus amigos Clara, Maria e João Paulo, que dividiram comigo o sonho e as incertezas do vestibular, testemunhando de perto cada passo até a entrada na universidade se tornar realidade. Obrigada por caminharem ao meu lado até o encerramento deste ciclo e por estarem presentes em cada capítulo da minha história. Eternamente *Catuabation*.

À minha amiga e irmã de alma, Mabel. É uma alegria imensa saber que, além de compartilharmos a vida, em breve seremos também colegas de profissão.

Aos colegas de curso e às amigas que floresceram nos corredores do IAUD. De forma muito especial, agradeço à minha querida amiga Janine Fontenele, pelo apoio constante, pelas inúmeras caronas compartilhadas e por não me deixar desistir diante dos desafios. Bi, sua amizade foi o maior presente que a universidade me trouxe.

A todo o corpo docente do curso de Design da UFC, obrigada por cada ensinamento e por me darem espaço para me tornar a designer que sou hoje. Agradeço aos professores e ao convidado da banca, Mariana Xavier, Emilio Monteiro e Lucas Baptista por dedicarem seu tempo à avaliação deste trabalho.

Por fim, ao Ceará e suas belezas, fonte inesgotável de inspiração.

RESUMO

A preservação e a difusão do patrimônio cultural enfrentam, na contemporaneidade, o desafio de engajar públicos em ambientes virtuais sem perder a essência da experiência presencial. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de ilustrações e animações para o passeio virtual interativo na Gruta de Ubajara (CE) como recursos de mediação entre o visitante e o patrimônio. O objetivo principal foi investigar como as narrativas visuais atuam como ferramentas de mediação para traduzir informações do tempo geológico e o patrimônio imaterial da gruta, tornando o conteúdo acessível. Fundamentada nos conceitos de imersão, engajamento e interatividade, a pesquisa analisa referências de animação em contextos expositivos para desenvolver um protótipo experimental utilizando a plataforma *3DVista* para orquestrar a navegação pela fotogrametria da gruta. Os resultados sugerem que a sobreposição de ilustrações animadas aos cenários realistas preenche lacunas de sentido, permitindo visualizar fenômenos invisíveis a olho nu e conectar o visitante às lendas locais. Conclui-se que o Design Digital, ao hibridizar técnicas, atua como agente de valorização da memória, transformando a visita virtual em uma experiência de aprendizado e pertencimento, onde a tecnologia serve à humanização do patrimônio.

Palavras-chave: design digital; patrimônio; expografia virtual; animação; narrativa visual; Gruta de Ubajara.

ABSTRACT

The preservation and dissemination of cultural heritage currently face the challenge of engaging audiences in virtual environments without losing the essence of the in-person experience. This paper presents the development of illustrations and animations for an interactive virtual tour of the Ubajara Cave (CE) as mediation resources between the visitor and the heritage site. The primary objective was to investigate how visual narratives act as mediation tools to translate geological time information and the cave's intangible heritage, making the content accessible. Grounded in the concepts of immersion, engagement, and interactivity, the research analyzes animation references in exhibition contexts to develop an experimental prototype. This prototype uses the 3DVista platform to orchestrate navigation through the cave's photogrammetry. The results suggest that overlaying animated illustrations onto realistic scenarios fills gaps in meaning, allowing for the visualization of phenomena invisible to the naked eye and connecting the visitor to local legends. It concludes that Digital Design, by hybridizing techniques, acts as an agent for valuing memory, transforming the virtual visit into an experience of learning and belonging where technology serves the humanization of heritage.

Key-words: digital design; heritage; virtual exhibition design; animation; visual narrative; Ubajara Cave.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Realização e apoio	7
Figura 2 - Site DocumentaCE	8
Figura 3 - Ficha técnica	8
Figura 4 - Branca de Neve e os Sete Anões, primeiro longa-metragem de animação, de Walt Disney.	14
Figura 5 - Os 12 princípios da animação.	15
Figura 6 - Animação 2D quadro a quadro digital.	17
Figura 7 - Arco narrativo de Gustav Freytag	18
Figura 8 - Delimitação da experiência e significado	20
Figura 9 - Museu do Amanhã @ 8º Fórum Mundial das Águas	21
Figura 10: Maçaneta plana oferece a affordance de empurrar, enquanto uma alça sugere a ação de puxar	23
Figura 11: Golfo da Execução e da Avaliação	24
Figura 12 - Tríade formada pelo Patrimônio Digital, o Museu Virtual e a Animação	27
Figura 13 - Exposição Fósseis do Cariri (2025) na sala imersiva do MIS - CE	28
Figura 14 - Animação na exposição Fósseis do Cariri (2025)	29
Figura 15 - Uso de técnicas de animação digital e a projeção mapeada na exposição Fósseis do Cariri (2025)	30
Figura 16 - The Tomb of Ramesses I (2025)	31
Figura 17 - Fotogrametria em The Tomb of Ramesses I (2025)	31
Figura 18 - Pontos de interesse e informação	32
Figura 19 - Navegação por pontos de passo	32
Figura 20 - Minecraft (2011) no modo exploração em primeira pessoa	33
Figura 21 - Heads-Up Display	34
Figura 22 - O processo de design estruturado no modelo Double Diamond.	38
Figura 23 - Mapeamento inicial da jornada do visitante na Gruta	39
Figura 24 - Cronograma do projeto	40
Figura 25 - Divisão de tarefas	40
Figura 26 - Brainstorm do arco narrativo	42
Figura 27 - Primeira versão do roteiro (Ato 1)	43
Figura 28 - Primeira versão do roteiro (Ato 2)	44
Figura 29 - Roteiro final (Página 1)	45
Figura 30 - Roteiro final (Página 2)	46
Figura 31 - Roteiro final (Página 3)	47
Figura 32 - Storyboard inicial	49
Figura 33 - Storyboard final	49
Figura 34 - Painel semântico (moodboard) com referências de estilo e cor	50
Figura 35 - Paleta de cores	51
Figura 36 - Ambientação em tons alaranjados natural da gruta	51
Figura 37 - Ambientação em tons frios de azul	52

Figura 38 - Ambientação em tons frios de azul	52
Figura 39 - Elementos de interface e navegação	53
Figura 40 - Elementos narrativos e de interação	53
Figura 41 - Demais elementos narrativos e de interação	54
Figura 42 - Assistência de Animação no Procreate.	55
Figura 43 - Ajustes da Assistência de Animação no Procreate.	55
Figura 44 - Quadro a quadro da animação das estalagmites.	56
Figura 45 - Plano de frente da animação da tocha	57
Figura 46 - Quadro a quadro da animação da tocha.	57
Figura 47 - Quadro a quadro da animação das pegadas	58
Figura 48 - Quadro a quadro da animação dos brilhos	58
Figura 49 - A avaliação do protótipo na ALECE	59
Figura 50 - Passeio virtual publicado na plataforma DocumentaCE.	60
Figura 51 - <i>Affordance</i> aplicado ao painel de ícones coletados	63
Figura 52 - <i>Affordance</i> aplicado aos botões de navegação	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aplicação da Teoria da Autodeterminação (SDT) na interface do passeio	21
Quadro 2 - Análise de similares	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Pergunta de pesquisa	9
1.2. Objetivos	9
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	9
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	9
1.3 Justificativa	10
1.4 Metodologia	11
1.4.1 <i>Etapas do processo de desenvolvimento</i>	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 A animação como linguagem visual e narrativa	14
2.2 Expografia e o design de experiências interativas	18
2.3 Imersão, engajamento e interatividade	21
2.4 A Gruta de Ubajara entre a geologia e o imaginário	24
2.5 Patrimônio digital, museus virtuais e o papel da animação	25
3. REFERÊNCIAS PROJETUAIS	27
3.1 Fósseis do Cariri	27
3.2 The Tomb of Ramesses I (Mused)	30
3.3 Minecraft (Mojang Studios)	33
3.4 Síntese referencial	35
4. DESIGN COMO PROCESSO DE PESQUISA	36
4.1 Etapas do processo de desenvolvimento	37
4.1.1 <i>Pesquisa e levantamento de dados</i>	38
4.1.2 <i>Desenvolvimento conceitual e roteiro</i>	41
4.1.3 <i>Ilustração e identidade visual</i>	50
4.1.4 <i>Animações</i>	54
4.1.5 <i>Teste com usuários e avaliação</i>	59
5. RESULTADOS	60
5.1 A animação como ferramenta de mediação e narrativa	61
5.2 Experiência imersiva e interatividade no passeio virtual	61
5.3 Reflexões sobre o processo, limitações e desafios	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	67

1. INTRODUÇÃO

A preservação e a difusão do patrimônio cultural ganham novas dimensões com o avanço das tecnologias digitais. A virtualização de espaços museológicos permite não apenas o registro documental, mas também a democratização do acesso a bens culturais que, muitas vezes, possuem restrições físicas ou geográficas. É neste cenário de convergência entre Design, Tecnologia e Patrimônio que se insere o presente Trabalho de Conclusão de Curso.

Este projeto consiste no relato e na sistematização do processo de desenvolvimento de componentes visuais e narrativos, especificamente ilustrações e animações 2D, aplicados ao ambiente de Passeio Virtual da Gruta de Ubajara. O trabalho foi desenvolvido no âmbito da plataforma DocumentaCE, uma iniciativa vinculada ao programa Cientista Chefe da Cultura (Figura 1).

Figura 1 - Realização e apoio

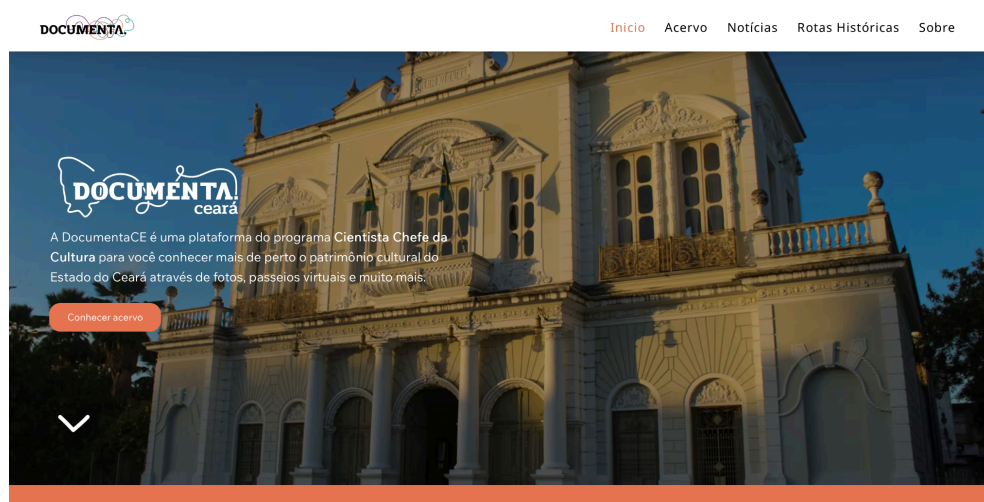


Fonte: Protótipo (2025)¹

O programa Cientista Chefe, ativo desde 2021 e financiado pela FUNCAP, tem como objetivo unir o meio acadêmico à gestão pública. A equipe é multidisciplinar, formada por professores e alunos, focada em identificar demandas e propor soluções inovadoras para a cultura do estado. O DocumentaCE, especificamente, atua como uma plataforma de inventário e divulgação, contando com um acervo de prédios e espaços digitalizados, permitindo ao público conhecer essas edificações por meio de visitas virtuais (Figura 2).

¹ Disponível em: <<https://repositoriodocumentace.com/interação-gruta/index.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2025.

Figura 2 - Site DocumentaCE



Fonte: DocumentaCE (2025)²

O desenvolvimento do passeio virtual da Gruta de Ubajara foi um esforço colaborativo. Enquanto a captura do ambiente e a programação da interface ficaram a cargo de outros membros da equipe técnica: Mateus Valente e Tiago Sarmento (Figura 3), a participação da autora neste projeto se deu na qualidade de bolsista, atuando na frente de animação e ilustração. O trabalho foi realizado em conjunto, sob a orientação do professor Prof. Dr. Diego Eneas Peres Ricca.

Figura 3 - Ficha técnica

Ficha Técnica

Cientista Chefe da Cultura Custódio Luís Silva de Almeida, UFC	Ilustração Marianna Bessa, UFC Mateus Valente, UFC
Coordenador Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita, UFC	Produção 3D Tiago Sarmento, UFC
Supervisão Eugênio Moreira, UFC Mylene Vieira, UFC	Escaneamento digital Renan Nogueira Paulo, UFC Joana Guedes, UFC Esequiel Mesquita, UFC
Direção Diego Ricca, UFC	Apoio ao escaneamento digital Diego Bezerra Rodrigues, Chefe do Parque Nacional de Ubajara Nataly Silva, Guia credenciada Vinicius Leitão, Guia ICMBIO
Interação Mateus Valente, UFC Samuel Conceição, UFC	

Fonte: Protótipo (2025)³

² Disponível em: <<https://www.documentace.com/>>. Acesso em: 19 nov. 2025.

³ Disponível em: <<https://repositoriodocumentace.com/interação-gruta/index.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2025.

Dessa forma, este TCC não se propõe a analisar toda a complexidade técnica do escaneamento 3D da Gruta, mas sim focar na camada de design de interação, narrativa visual e animação. Afinal, no desenvolvimento do passeio virtual da Gruta de Ubajara, o desafio não era apenas como modelar uma caverna, mas sim como traduzir as informações do tempo geológico para uma linguagem visual acessível sem perder o rigor científico. O objetivo entral foi utilizar a animação como ferramenta mediadora entre o patrimônio digitalizado e o visitante virtual. Como será demonstrado ao longo do trabalho, os resultados sugerem que a sobreposição de ilustrações animadas aos cenários realistas preenche lacunas de sentido, permitindo visualizar fenômenos invisíveis a olho nu e conectar o visitante às lendas locais.

1.1 Pergunta de pesquisa

De que maneira a animação pode ser aplicada em experiências educacionais interativas no cenário patrimonial do estado do Ceará, para potencializar a narrativa e promover o engajamento e a imersão dos visitantes?

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este estudo propõe utilizar estratégias e técnicas de animação para potencializar a experiência do visitante no Passeio Virtual da Gruta de Ubajara, explorando seu potencial educativo e imersivo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudar os conceitos de engajamento, interatividade e imersão como base teórica para o desenvolvimento do projeto.
- Analisar referências de animação aplicadas em experiências expositivas, identificando estratégias narrativas e interativas relevantes.
- Registrar e refletir sobre o processo de desenvolvimento, destacando decisões projetuais, técnicas e conceituais em diário de campo.

- Desenvolver um protótipo experimental que integre animação e narrativa interativa em um contexto expositivo, explorando seu potencial educativo e imersivo.

1.3 Justificativa

O Design expográfico desempenha um papel fundamental na construção da experiência do visitante, combinando elementos visuais, narrativos e interativos para comunicar informações de maneira envolvente. Segundo Cury (2005, p.42):

Exposição é, didaticamente falando, conteúdo e forma, sendo que o conteúdo é dado pela informação científica e pela concepção de comunicação como interação. A forma da exposição diz respeito à maneira como vamos organizá-la, considerando a organização do tema (enfoque temático e seu desenvolvimento), a seleção e articulação dos objetos, a elaboração de seu desenho (a elaboração espacial e visual) associados a outras estratégias que juntas revestem a exposição de qualidades sensoriais.

Nos últimos anos, a crescente digitalização das exposições e o avanço das tecnologias interativas abriram novas possibilidades para a experimentação visual e narrativa dentro desses espaços. A linguagem da animação vem ocupando, cada vez mais, locais fora de seu universo usual. Entre eles, o museu é um dos espaços onde ela aparece com destaque. Seu uso em projetos de design de exposições traz a reflexão de qual é o seu papel desempenhado (de Andrade, 2023).

Conforme aponta Andrade (2023), a animação, quando aplicada ao Design expográfico, pode desempenhar um papel central nos espaços expositivos, integrando-se ao próprio conceito espacial da exposição e funcionando como um elemento estruturante da experiência do visitante. Nesse contexto, a relação entre a animação e o espaço expositivo pode ser compreendida a partir do conceito de obra como cenografia, em que a expografia não apenas organiza e exhibe conteúdos, mas se torna parte da experiência sensorial da exposição. Segundo Abreu (2014, p. 65),

[...] a obra como cenografia é um tipo de tratamento expográfico que tem como característica a presença de obras definidoras do entorno, elaboradas geralmente a partir de um trabalho conjunto da curadoria com o arquiteto e o artista. Seja na adaptação de um local para receber a obra ou na montagem de uma obra feita especificamente para o local da exposição, em ambos os casos o limite entre a obra e a cenografia se confundem.

Assim, ao ser utilizada como mediadora do ambiente expográfico, a animação contribui com a narrativa da exposição e também para a construção do espaço expositivo, reforçando a imersão e a interação com os conteúdos apresentados. Além das questões técnicas e conceituais mencionadas, este trabalho é motivado pelo interesse pessoal na exploração da animação tradicional como ferramenta em projeto de Design. A escolha desta técnica, marcada pelo processo artesanal de quadro a quadro, busca conferir uma sensibilidade única à representação do patrimônio cearense.

Nesse contexto, este trabalho se justifica pela aplicação prática da animação no Design expográfico digital. Esta pesquisa documenta a criação de animações 2D, servindo como referência para designers e profissionais interessados em explorar novas formas de mediação de conteúdos em museus virtuais.

1.4 Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho caracteriza-se como pesquisa de natureza aplicada, fundamentada na abordagem do *Research through Design* (Pesquisa através do Design). Conforme proposto por Frayling (1993), nesta perspectiva, a criação prática de animações e ilustrações constitui o próprio método de investigação, unindo teoria e prática para solucionar os desafios inerentes à representação das diversas camadas históricas e simbólicas do patrimônio.

Para estruturar e analisar esse processo, utiliza-se a abordagem do "Profissional Reflexivo", discutida por Tardif e Moscoso (2018) no artigo *A noção de "Profissional Reflexivo" na educação: atualidade, usos e limites*. Segundo essa perspectiva, o saber profissional não reside apenas na aplicação de teorias pré-estabelecidas, mas na capacidade do designer de refletir na ação e sobre a ação. De acordo com Tardif e Moscoso (2018, p. 391),

[...] cada situação profissional que vive é singular e exige de sua parte uma reflexão em e sobre a ação, ação construída em parte pelo profissional que lhe deve dar sentido, precisamente o que Schön (1993) denomina *problem setting*. Assim, a experiência e as competências profissionais contribuem para gerir a prática e torná-la mais autônoma.

Dessa forma, as decisões técnicas e estéticas tomadas durante a criação do passeio virtual da Gruta de Ubajara não são aleatórias, mas frutos de um diálogo constante com a situação do projeto.

O percurso metodológico seguiu uma estrutura projetual clássica, dialogando com as fases de análise, síntese e avaliação descritas por autores como Bürdek (2006), mas operacionalizada através do modelo do Duplo Diamante (*Double Diamond*), proposto pelo *British Design Council* (2005).

Essa escolha permitiu organizar a "reflexão na ação" em momentos distintos de divergência (expansão de ideias e pesquisa) e convergência (seleção e refinamento). Contudo, sob a ótica da reflexividade, o processo não ocorreu de forma estritamente linear; tratou-se de um ciclo iterativo onde cada etapa de produção gerava novos questionamentos, exigindo retornos constantes às fases anteriores para readequar a forma de comunicar as informações ao visitante.

A validação da metodologia ocorre por meio do registro documental desse processo em diário de campo, demonstrando a tradução efetiva dos dados técnicos em linguagem visual acessível. Esse registro evidencia como as decisões projetuais foram alicerçadas na fundamentação teórica: a construção das narrativas visuais e do movimento seguiu os princípios de Lupton (2020) e Thomas e Johnston (1981); já a organização expográfica e o uso da animação como camada de mediação dialogam com as diretrizes de Cury (2005), Ricca (2019) e Andrade (2023). No âmbito da interface, as estratégias de interatividade e *affordance* buscaram atender aos critérios de imersão e engajamento da Teoria da Autodeterminação (Ryan e Deci, 2000), bem como aos conceitos de Bitgood (1990) e Araujo e Vergara (2019). Por fim, o projeto alinhou-se às perspectivas de preservação digital da UNESCO (2003) e de motivação para o aprendizado em museus de Csikszentmihalyi e Hermanson (1995).

1.4.1 Etapas do processo de desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto foi dividido em cinco etapas principais:

1. **Pesquisa e levantamento de dados:** Fase de imersão nos dados técnicos da Gruta de Ubajara, estudo da geologia local e levantamento das lendas e histórias da região.
2. **Desenvolvimento conceitual e roteiro:** Etapa de curadoria e estruturação do conteúdo informativo. A partir dos dados levantados, foram selecionados os pontos de interesse estratégicos dentro do modelo 3D da gruta. O trabalho de roteirização focou na tradução da linguagem técnica geológica para uma

narrativa acessível, definindo quais fenômenos seriam explicados em cada interação e contextualizando-os com as histórias e lendas da região.

3. **Ilustração e identidade visual:** Definição da linguagem gráfica do projeto. A fase consistiu no desenvolvimento da identidade visual, iniciando-se com a criação de um *moodboard* (painel semântico), seguido pela definição do estilo de ilustração, escolha da paleta de cores e produção de *assets* (ativos digitais) estáticos, preparados para serem animados quadro a quadro posteriormente.
4. **Produção das animações:** Etapa técnica de animação dos *assets* no *Procreate*, envolvendo a manipulação das ilustrações, temporização e exportação dos arquivos em formato compatível para a implementação no software *3DVista*.
5. **Teste e avaliação:** Fase de validação técnica e de experiência do usuário. Consistiu na verificação da integração dos arquivos na plataforma e na aplicação de testes com usuários para avaliar a legibilidade, a compreensão do conteúdo e a fluidez da navegação.

Seguindo a premissa do profissional reflexivo (Tardif; Moscoso, 2018), foi utilizado um Diário de Campo durante o período da bolsa. Este instrumento serviu para registrar *percepções*, dificuldades técnicas, mudanças de rumo no projeto e as justificativas para as escolhas visuais. O diário foi uma ferramenta de metacognição, permitindo que a autora se distanciasse da execução técnica para analisar criticamente o próprio trabalho. É a partir das anotações deste diário que este TCC reconstrói a lógica do projeto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta fundamentação teórica organiza-se em quatro eixos principais que sustentam a intersecção entre o design, a tecnologia e a memória cultural. Inicialmente, explora-se a animação como linguagem, resgatando seus princípios técnicos e sua capacidade narrativa. Em seguida, discute-se a expografia e o design de experiências, investigando como o espaço (físico ou digital) é estruturado para comunicar sentidos. O terceiro eixo aborda os conceitos de imersão, engajamento e interatividade, fundamentados em teorias da psicologia cognitiva e do design de interface para compreender o comportamento do usuário. Por fim, debate-se o papel do patrimônio digital e dos museus virtuais, consolidando a animação como uma ferramenta estratégica de mediação para a salvaguarda e difusão cultural.

2.1 A animação como linguagem visual e narrativa

Conforme Webster (2005) em *Animation: the mechanics of motion*⁴, a animação é uma técnica de expressão visual utilizada desde os primeiros momentos do cinema até as produções digitais contemporâneas. O princípio fundamental da animação baseia-se na criação da ilusão de movimento por meio da sucessão contínua de imagens, fenômeno estudado desde o século XIX (Webster, 2005, tradução nossa).⁵ Os primeiros experimentos com animação utilizaram dispositivos como o taumatrópio, o fenacistoscópio e o zootrópio⁶, que permitiram visualizar imagens em sequência e criar a sensação de movimento (Alberto, 2019).

No início do século XX, artistas e produtores começaram a consolidar a animação como um meio artístico e comercial (Bendazzi, 1995). A introdução do cinema de animação trouxe novas possibilidades narrativas, impulsionadas pelos pioneiros Émile Cohl, Winsor McCay e os estúdios da Disney, que revolucionaram a indústria com a introdução de longas-metragens animados (Figura 4).

⁴ Tradução nossa: Animação: A Mecânica do Movimento

⁵ No original: “*This marvellous phenomenon is known as the persistence of vision and it is through this that we experience moving images made up of individual frames on a film strip. [...] The early optical devices that were developed and began to appear in the first half of the nineteenth century clearly demonstrated this effect.*” (Webster, 2005, p.4).

⁶ Brinquedos ópticos do séc. XIX. O Taumatrópio é um disco que funde duas imagens ao girar; o Fenacistoscópio utiliza um disco com fendas e espelho para animar desenhos; e o Zootrópio utiliza um cilindro giratório para criar a ilusão de movimento cíclico.

Figura 4 - Branca de Neve e os Sete Anões, primeiro longa-metragem de animação, de Walt Disney.

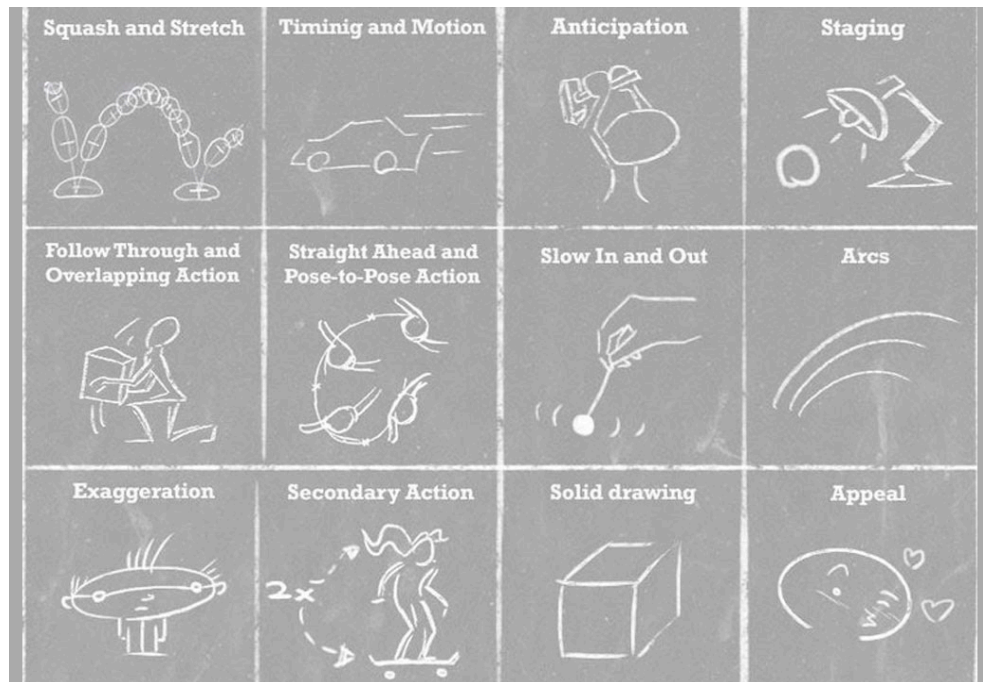


Fonte:DISNEY BRASIL. Qual foi o primeiro filme de animação de Walt Disney? Disney Brasil, 2023.⁷

Frank Thomas e Ollie Johnston criaram os 12 princípios da animação, publicados no livro *The Illusion of Life: Disney Animation* (1981), que estabeleceram uma base sólida para a produção de desenhos animados mais realistas e expressivos, influenciando técnicas de animação até a contemporaneidade. Os 12 princípios incluem conceitos como *timing* (tempo), *squash and stretch* (esticar e encolher) e *overlapping action* (sobreposição de movimentos), fundamentais para a naturalidade da animação e a expressividade dos personagens e objetos animados. (Figura 5)

⁷ Disponível em: <<https://www.disney.com.br/novidades/qual-foi-o-primeiro-filme-da-disney>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

Figura 5 - Os 12 princípios da animação.

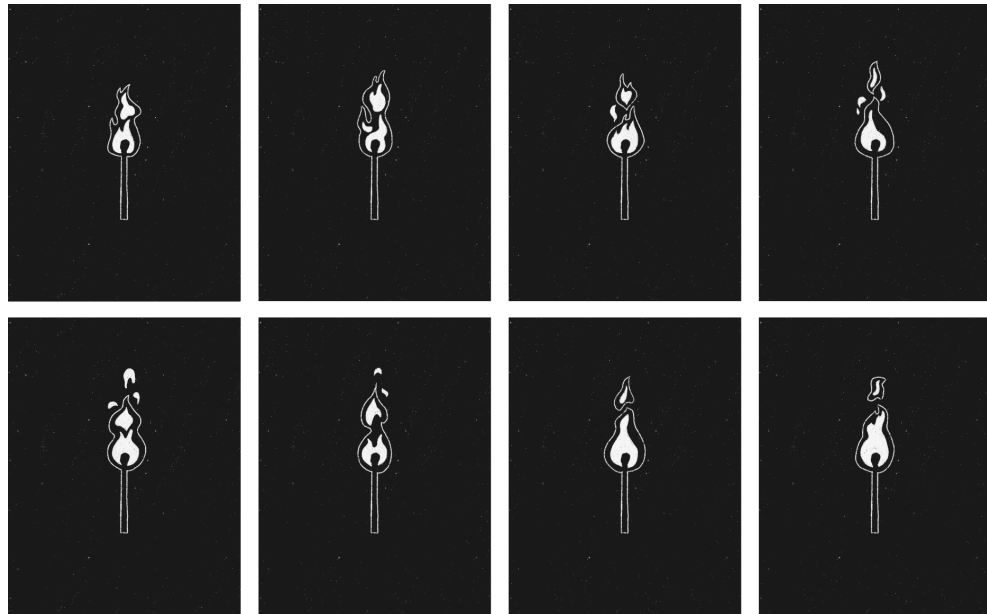


Fonte: FÁBRICA DE JOGOS | FABIANO NASPOLINI. 12 Princípios de Animação de Walt Disney - Parte 1 | Fábrica de Jogos. Youtube, 7 de ago. de 2016.⁸

A variedade de técnicas existentes contribui para a flexibilidade da animação como meio de expressão artística. A animação *stop-motion*, por exemplo, consiste na captura fotográfica de objetos físicos quadro a quadro, movimentados manualmente entre cada registro, já a animação 2D tradicional (Figura 6) utiliza desenhos feitos à mão ou digitalmente, onde cada quadro é ilustrado para formar o movimento desejado, sendo amplamente empregada em filmes, séries e projetos gráficos.

⁸ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Vvn2bm0w3qk>>

Figura 6 - Animação 2D quadro a quadro digital.

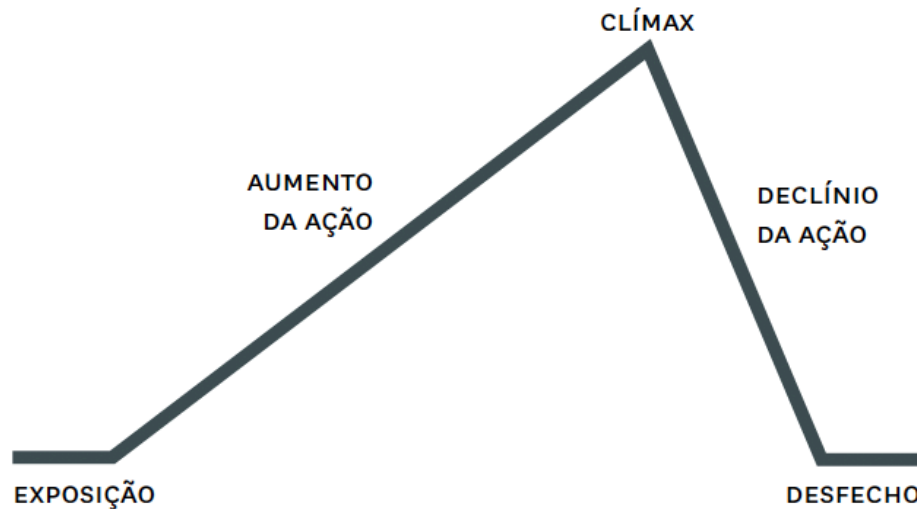


Fonte: Elaborado pela autora

Com os avanços tecnológicos, a animação 3D se popularizou, diferenciando-se das outras técnicas por permitir a modelagem, texturização e animação de objetos tridimensionais em ambientes virtuais, conforme detalha Kerlow (2009). Além disso, os *motion graphics* (gráficos em movimento) combinam elementos gráficos e tipografia para criar vídeos animados, sendo muito utilizados em campanhas publicitárias e direção de arte (Krasner, 2004). Essa diversidade de técnicas faz da animação um recurso altamente versátil.

Além dos princípios técnicos, a narrativa desempenha um papel fundamental na animação. A criação de um arco narrativo consistente influencia diretamente a forma como o espectador percebe e se envolve com a obra. Nesse contexto, o *storytelling* torna-se uma ferramenta central para compreender como a animação constrói sentido e orienta a experiência do público. Como discute Lupton (2020) no livro *O Design Como Storytelling*, o design narrativo organiza percepções, gestos e emoções em sequência, transformando o usuário no protagonista da jornada. O arco narrativo (Figura 7), tradicionalmente representado pela estrutura de Gustav Freytag, atua como guia que estabelece ritmos, expectativas e progressões dramáticas ao longo da experiência.

Figura 7 - Arco narrativo de Gustav Freytag



Fonte: Lupton (2020, p. 22)

Ao integrar esses princípios, a animação potencializa sua capacidade de comunicar conteúdos de forma acessível e envolvente. Nesse sentido, ela transcende a simples técnica de movimento para consolidar-se como uma linguagem narrativa capaz de articular histórias e atmosferas. Essa abordagem dialoga com a visão de Lupton (2020), para quem o design narrativo é fundamental em contextos onde o usuário percorre o espaço e participa ativamente da construção da experiência.

Essa dimensão narrativa converge com a perspectiva de Ricca (2019) na dissertação *Artefatos Tecnológicos Digitais Interativos: Estratégias Projetuais Para Fomento da Mediação de Conteúdo em Museus*, que defende o papel do design como agente de mediação em museus. Para o autor, a tecnologia só se justifica quando cria camadas de experiência que permitem ao usuário sair da passividade e construir seu próprio sentido sobre o acervo. É sob essa ótica que a animação se insere aqui: como uma ferramenta para traduzir a multidimensionalidade do patrimônio para uma linguagem acessível.

2.2 Expografia e o design de experiências interativas

A expografia é um campo do Design que se dedica à concepção e planejamento de espaços expositivos. Segundo Cury (2005), essa prática consiste na articulação entre conteúdo, ideia e forma, visando criar experiências comunicacionais significativas para o público. Situando-se na interseção entre design e estudos museológicos, a expografia não se

restringe à disposição física dos elementos no espaço expositivo, ela também envolve a construção de narrativas e interações que facilitam a mediação entre o conteúdo e o visitante, de acordo com Cury (2005) no livro *Exposição, concepção, montagem e avaliação*.

Organizar um espaço expositivo de forma estratégica para orientar e engajar os visitantes é crucial para alcançar os objetivos de comunicação da experiência. Além disso, o espaço expositivo deve ser projetado considerando a circulação dos visitantes e a hierarquia das informações (Cury, 2005). Um bom planejamento do fluxo expositivo pode aumentar o tempo de permanência do público e favorecer a compreensão da narrativa proposta.

Ao transpor esse conceito para o ambiente digital, como no caso dos passeios virtuais, o espaço expositivo deixa de ser arquitetônico e passa a ser a interface. Nesse contexto, organizar a informação de forma estratégica é crucial. Para Cury existem diferentes abordagens na organização espacial:

[...] uma exposição pode ter uma organização espacial linear (sequencial, passo a passo e com começo, meio e fim), quando a compreensão de um momento depende do anterior, ou episódica, quando o público faz as suas escolhas e constrói criativamente seu caminho (face ao que está apresentado) (Cury, 2005, p. 47)

Contudo, em ambientes digitais e de realidade estendida, a mera organização espacial não garante o engajamento, é necessário compreender como a cognição do usuário opera nesse meio. Nesse sentido, fundamenta-se a proposta no conceito de Design Baseado na Atenção, sistematizado por Ricca (2023). O autor argumenta que a interação não deve ser apenas funcional, mas capaz de criar camadas de experiência, orquestrando o trânsito do usuário entre diferentes níveis de atenção, desde o olhar periférico até o engajamento focado

É neste ponto que a animação se insere como um recurso expográfico estratégico, atuando como elo entre a visualização passiva e a compreensão ativa. No artigo *Impressões da realidade no museu*, Andrade (2023) argumenta que a animação em espaços de memória atua como uma camada de ação que revela informações ocultas.

Para compreender como essa revelação ocorre, recorre-se ao conceito de experiência de significado. Segundo Shedroff (2001 *apud* Mulling, 2010), o design é, em essência, o processo de evocar significados. O autor estabelece um modelo onde distingue níveis de compreensão (Figura 8):

Figura 8 - Delimitação da experiência e significado



Fonte: Mulling (2010, p. 30)

- **Dados:** elementos brutos que, isolados, não possuem valor significativo;
- **Informação:** ocorre quando os dados são organizados de forma lógica e contextualizada, é o começo do significado;
- **Conhecimento:** É a compreensão obtida pela experiência participativa, integrando-se ao repertório pessoal do sujeito.

Sintetizando a aplicação desse modelo no design de produtos interativos, Mulling destaca a importância da tecnologia como mediadora:

A experiência do usuário ocorre a partir da relação dados -> informação -> conhecimento (a sabedoria seria o ápice da experiência). Esta construção de significados propicia ao usuário sua imersão na experiência proposta pelos produtos. Dentro deste sistema, a tecnologia deve ser associada como ferramenta na capacidade de administrar e explorar o produto através desta apreensão de significados (MULLING, 2010, p. 31).

Com base nessa premissa, o projeto da Gruta de Ubajara utiliza a animação como ferramenta tecnológica capaz de administrar essa exploração, guiando o usuário da simples visualização dos dados para a apreensão dos significados geológicos e históricos.

2.3 Imersão, engajamento e interatividade

A digitalização do Design Expográfico encontra-se em expansão, redefinindo a relação entre o visitante e o acervo. Conforme observa Andrade (2023), o uso de novas mídias em espaços de memória amplia as camadas de leitura, permitindo novas formas de interação com o patrimônio. Se historicamente a imersão dependia da monumentalidade arquitetônica, hoje ela é construída por meio de narrativas híbridas. Boelter (2016) no artigo *Design de Exposição na Arte e Tecnologia Digital: uma prática em construção* destaca a atuação de escritórios como o SuperUber, que misturam Arte, Tecnologia e Design para criar ambientes responsivos, como exemplificado na instalação do Museu do Amanhã (Figura 9).

Figura 9 - Museu do Amanhã @ 8º Fórum Mundial das Águas



Fonte: SuperUber (2018)⁹

No entanto, ao transpor essa lógica para a web, como no passeio virtual da Gruta de Ubajara, o desafio da imersão muda e torna-se mais complexo, pois não há o isolamento sensorial do espaço físico. Bitgood (1990, p. 284) em *The Role of Simulated Immersion in Exhibition*¹⁰ define a imersão simulada como o grau em que uma exposição envolve o visitante, criando a experiência de um determinado tempo e lugar, mesmo à distância.

Para que essa imersão ocorra sem a presença física, é necessário garantir o engajamento. A Teoria da Autodeterminação (SDT), proposta por Ryan e Deci (2000) no

⁹ Disponível em: <<https://www.superuber.com.br/museu-do-amanha-8-forum-mundial-das-aguas/>>. Acesso em: 25 fev. 2025.

¹⁰ Tradução nossa: O Papel da Imersão Simulada em Exposições

artigo *Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being*¹¹, oferece uma base sólida para compreender esse fenômeno. Segundo os autores, a motivação intrínseca, aquela que faz o usuário querer continuar no passeio, depende da satisfação de três necessidades psicológicas básicas:

- **Autonomia:** A sensação de que o visitante está no controle de suas ações.
- **Competência:** A percepção de que ele consegue interagir com o sistema e aprender algo novo.
- **Pertencimento:** A conexão emocional com o conteúdo ou com a comunidade representada.

Ricca (2019), em sua investigação sobre Artefatos Tecnológicos Digitais Interativos (ATDI), reforça que a tecnologia em museus não deve ser um fim em si mesma, mas uma ferramenta de mediação. Quando um sistema digital atende a esses critérios de motivação, ele deixa de ser apenas um repositório de imagens e torna-se um ambiente de construção de conhecimento.

Para ilustrar essa relação, o esquema a seguir (Quadro 1) demonstra como os recursos projetuais da interface do DocumentaCE foram desenhados para responder diretamente a essas três necessidades psicológicas:

Quadro 1 - Aplicação da Teoria da Autodeterminação (SDT) na interface do passeio

NECESSIDADE	RECURSO NA INTERFACE
Autonomia	Navegação híbrida; Liberdade de exploração pelo ambiente virtual 3D
Competência	Animações didáticas; Tradução das camadas geológicas para uma linguagem visual mais acessível.
Pertencimento	<i>Storytelling</i> cultural; Integração de lendas e contexto histórico local, gerando conexão emocional com a visita.

Fonte: Elaborado pela autora

A materialização desse engajamento ocorre através da interatividade, entendida aqui como a capacidade do sistema de responder às ações do usuário, gerando um ciclo de

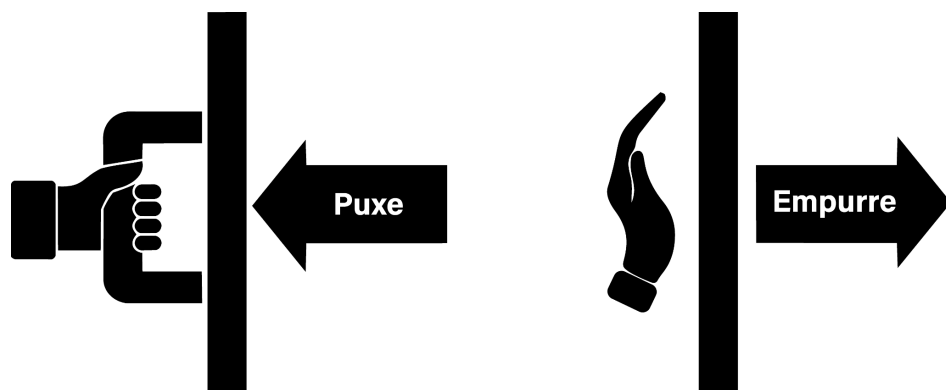
¹¹ Tradução nossa: Teoria da Autodeterminação e a Facilitação da Motivação Intrínseca, Desenvolvimento Social e Bem-Estar

retroalimentação. Bitgood (1990) denomina isso de *feedback* ambiental, mecanismo essencial para manter a atenção do visitante e confirmar que suas ações no ambiente virtual surtiram efeito.

Para que a interatividade se efetive, é fundamental que o usuário identifique intuitivamente as possibilidades de ação. Nesse contexto, aplica-se o conceito de *affordance*, definido por Araújo e Vergara (2019, p. 2 *apud* Gibson, 1979) da seguinte forma: "Neste âmbito, outro conceito importante é o de *affordances*, que descreve os potenciais para ação que decorrem da relação entre um indivíduo e os objetos de um ambiente".

Complementando essa visão, Norman (1999) esclarece que, no Design, lida-se primordialmente com *perceived affordances* (*affordances* percebidos), que são as pistas visuais que informam a utilidade do objeto. Um exemplo clássico é o de uma maçaneta que, por seu formato, indica se deve ser puxada ou empurrada (Figura 10). No contexto digital, isso se traduz em elementos como botões que parecem clicáveis ou ícones cujas formas sugerem sua função. No projeto da Gruta de Ubajara, as animações e sinalizadores visuais atuam como esses *affordances*, indicando de forma intuitiva onde o visitante deve clicar para acessar camadas de conteúdo histórico ou geológico.

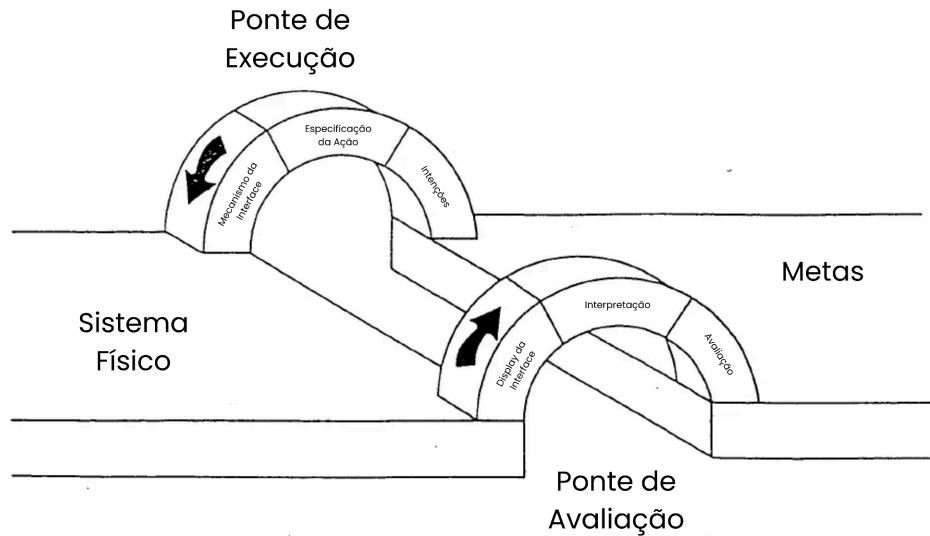
Figura 10: Maçaneta plana oferece a *affordance* de empurrar, enquanto uma alça sugere a ação de puxar



Fonte: Elaborado pela autora

Dessa forma, a ilustração animada cumpre uma função ergonômica e cognitiva: ela sinaliza a interatividade, ajudando a transpor o que Norman define como Golfo da Execução e da Avaliação, a lacuna entre a intenção do usuário e os mecanismos do sistema (Figura 11).

Figura 11: Golfo da Execução e da Avaliação



Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Norman (1999)

Esse intervalo representa a dificuldade que o usuário enfrenta para descobrir como operar o sistema. Para transpô-lo, Norman (1999) aponta a necessidade de fornecer *feedback* claro e um bom modelo conceitual. No projeto, a animação assume esse papel de ponte: ao destacar visualmente os elementos interativos, ela elimina a dúvida sobre a navegabilidade.

Segundo Ricca (2023), em ambientes complexos, elementos dinâmicos atuam como gatilhos atencionais que hierarquizam a informação. O movimento de um portal ou o brilho de um elemento convida ao clique. Sem essa pista visual, o usuário poderia passar pelo ambiente 3D sem perceber a profundidade do conteúdo disponível.

Portanto, a sensação de imersão em museus virtuais resulta da articulação entre autonomia de navegação e *feedback* visual. O uso de animações, fundamentado nos conceitos de *affordance* e competência, busca mitigar a passividade da visita, promovendo uma experiência dinâmica na qual o Design expográfico digital atua para conectar o patrimônio ao público de forma significativa.

2.4 A Gruta de Ubajara entre a geologia e o imaginário

Para o desenvolvimento das animações e da expografia digital, realizou-se um levantamento bibliográfico e documental sobre a Gruta de Ubajara, buscando integrar dados científicos e narrativas míticas que compõem o patrimônio imaterial da região.

A Gruta de Ubajara, principal atrativo do Parque Nacional de Ubajara, é uma formação cárstica esculpida há cerca de 200 mil anos pela dissolução de rochas carbonáticas da Formação Frecheirinha (ICMBIO, 2024). Estruturada em nove salões iluminados, a gruta apresenta uma vasta gama de espeleotemas, como estalactites, estalagmites e cortinas, destacando-se a Sala da Rosa, cuja formação no teto assemelha-se a uma flor. Historicamente, registros indicam que a gruta é conhecida desde o século XVIII, período em que expedições portuguesas exploravam a região em busca de minérios (AMBIENTE BRASIL, 2024).

A dimensão cultural de Ubajara é atravessada por etimologias e lendas que fundamentam o *storytelling* do projeto. O nome Ubajara possui diversas interpretações do Tupi, sendo a mais aceita Senhor da Canoa (Ubá = canoa; Jara = Senhor), em alusão a um cacique que teria habitado a gruta por anos. Somam-se a essa herança etimológica narrativas como a Lenda da Mulher da Gruta, que explora o fascínio e o perigo das fendas profundas, e a Lenda do Caboclo Pendurado, que confere um caráter moral e místico às formações rochosas, servindo como base narrativa para este projeto.

2.5 Patrimônio digital, museus virtuais e o papel da animação

A preservação da memória cultural deixa de estar restrita apenas aos suportes físicos tradicionais, encontrando na representação visual meios de alcançar novos públicos e contextos. Com o advento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), emergiu o conceito de Patrimônio Digital. Segundo a Carta para a Preservação do Patrimônio Arquivístico Digital da UNESCO (2003), esse acervo consiste em materiais produzidos digitalmente ou convertidos para o formato digital a partir de recursos analógicos existentes.

No caso da Gruta de Ubajara, trata-se de um patrimônio natural que passa por um processo de digitalização para garantir sua perpetuidade e difusão. Esse processo não cria apenas uma representação digital, mas um novo objeto de apreciação, acessível através da plataforma DocumentaCE.

Diferente do museu tradicional, definido por sua arquitetura física e percurso linear, o museu virtual é um ambiente comunicacional mediado por interfaces. Cury (2005) ressalta que a função primária do museu é a comunicação. No ambiente virtual, essa comunicação precisa superar a ausência do objeto real, utilizando recursos que engajem o visitante, é nesse contexto que a animação desempenha um papel crucial.

Enquanto o escaneamento 3D (fotogrametria) captura com precisão a geometria da caverna, as animações entram para representar o tempo e o imaterial, as lendas e a cultura

oral da região. Portanto, a animação atua como uma camada interpretativa, ao inserir uma animação explicativa sobre a formação das estalactites dentro do passeio virtual, o designer oferece ao visitante uma chave de leitura que transforma a simples contemplação em aprendizado.

Essa facilitação é essencial para gerar o que Csikszentmihalyi e Hermanson (1995) definem como Motivação Intrínseca em ambientes de aprendizado. Para que o visitante queira aprender em um museu, ele precisa entrar em um estado de engajamento onde a curiosidade é recompensada pela compreensão. O escaneamento 3D por si só pode ser intimidante, mas a animação reduz o esforço cognitivo necessário, atuando como uma ponte entre o dado e o visitante.

Ao promover essa mediação, o museu virtual cumpre seu papel educativo. Segundo Csikszentmihalyi e Hermanson (1995, p. 70, tradução nossa), "A curiosidade é o ponto de partida, mas para mantê-la, o museu deve fornecer desafios que correspondam às habilidades do visitante".¹²

Dessa forma, propõe-se neste trabalho uma tríade formada pelo Patrimônio Digital (o acervo), Museu Virtual (o meio) e Animação (a mediação), que constitui a base estrutural do projeto desenvolvido para a plataforma DocumentaCE (Figura 12). Nessa articulação autoral, entende-se que a animação permite que a Gruta de Ubajara seja compreendida para além da sua estrutura geológica, abrangendo a densidade de seus significados históricos e culturais.

¹² No original: "If a museum visit can produce this experience, it is likely that the initial curiosity and interest will grow into a more extensive learning interaction."

Figura 12 - Tríade formada pelo Patrimônio Digital, o Museu Virtual e a Animação



Fonte: Elaborada pela autora.

3. REFERÊNCIAS PROJETUAIS

As decisões de design tomadas no desenvolvimento do passeio virtual da Gruta de Ubajara foram fundamentadas por uma análise de similares. Esta etapa teve como objetivo identificar padrões de uso de animações, estratégias narrativas e soluções de interface que já foram validadas pelo mercado ou pela academia.

A seleção das referências buscou cobrir três aspectos fundamentais do projeto: a contextualização local de patrimônio, exposição Fósseis do Cariri (2025), a técnica de digitalização de espaços históricos em formato de passeio virtual e uso de animações, *The Tomb of Ramesses I* (2025) e a usabilidade em interfaces de jogo em primeira pessoa voltadas para o público jovem, *Minecraft* (2011).

3.1 Fósseis do Cariri

A exposição Fósseis do Cariri (2025) (Figura 13), realizada na sala imersiva Museu da Imagem e do Som do Ceará (MIS - CE), é uma referência local de como o patrimônio paleontológico pode ser mediado por tecnologias visuais imersivas utilizando

animações na construção da experiência no espaço expositivo. Embora seja uma instalação física, a estratégia projetual adotada dialoga diretamente com os objetivos do museu virtual: tornar o objeto estático interessante através de camadas de informação.

Figura 13 - Exposição Fósseis do Cariri (2025) na sala imersiva do MIS - CE



Fonte: MIS Museu da Imagem e do Som Chico Albuquerque (2025)¹³

O projeto utiliza projeções mapeadas e interatividade para dar vida aos seres que habitavam a região do Cariri há milhões de anos, recriando os ecossistemas fossilizados da Chapada do Araripe, importante patrimônio paleontológico do Ceará. A exposição utiliza projeções de animações 3D (Figura 14) para reconstruir paisagens do período Cretáceo, transportando os visitantes para milhões de anos atrás.

¹³ Disponível em: <<https://mis-ce.org.br/exposicoes/fosseis-do-cariri>>. Acesso em: 03 fev. 2025.

Figura 14 - Animação na exposição Fósseis do Cariri (2025)



Fonte: MIS Museu da Imagem e do Som Chico Albuquerque (2025)¹⁴

A exposição Fósseis do Cariri (2025) exemplifica como a animação pode ser utilizada na expografia. A reconstrução visual dos ecossistemas do período Cretáceo por meio da ilustração possibilita uma compreensão mais dinâmica da paleontologia, e o uso de técnicas de animação digital e a projeção mapeada (Figura 15) potencializam a comunicação da exposição.

¹⁴ Disponível em: <<https://mis-ce.org.br/exposicoes/fosseis-do-cariri>>. Acesso em: 03 fev. 2025.

Figura 15 - Uso de técnicas de animação digital e a projeção mapeada na exposição Fósseis do Cariri (2025)



Fonte: MIS Museu da Imagem e do Som Chico Albuquerque (2025)¹⁵

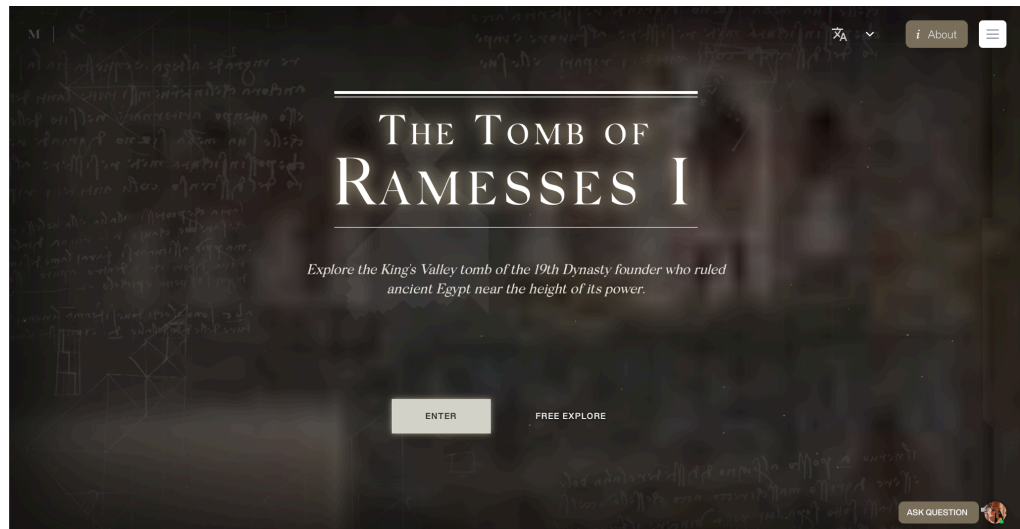
A análise deste caso reforça a diretriz de que a tecnologia não deve ofuscar o acervo natural, mas sim revelar aspectos expositivos, transformando a contemplação passiva em uma experiência narrativa.

3.2 The Tomb of Ramesses I (Mused)

No cenário internacional, o projeto *The Tomb of Ramesses I* (2025) (Figura 16), desenvolvido pela organização *Mused* em parceria com o Ministério de Turismo e Antiguidades do Egito, representa o estado da arte em preservação digital e acesso remoto. A escolha deste artefato como referência justifica-se por validar a viabilidade de criar museus virtuais complexos acessíveis via web.

¹⁵ Disponível em: <<https://mis-ce.org.br/exposicoes/fosseis-do-cariri>>. Acesso em: 03 fev. 2025.

Figura 16 - The Tomb of Ramesses I (2025)



Fonte: *Mused* (2024)¹⁶

O projeto utiliza fotogrametria de alta resolução para criar uma réplica digital exata da tumba (Figura 17). Essa técnica consiste na captura de milhares de fotografias sobrepostas que geram uma malha tridimensional com texturas fotorrealistas. O resultado é uma representação digital que permite ao visitante examinar hieróglifos e detalhes da pedra como se estivesse fisicamente no Egito.

Figura 17 - Fotogrametria em *The Tomb of Ramesses I* (2025)



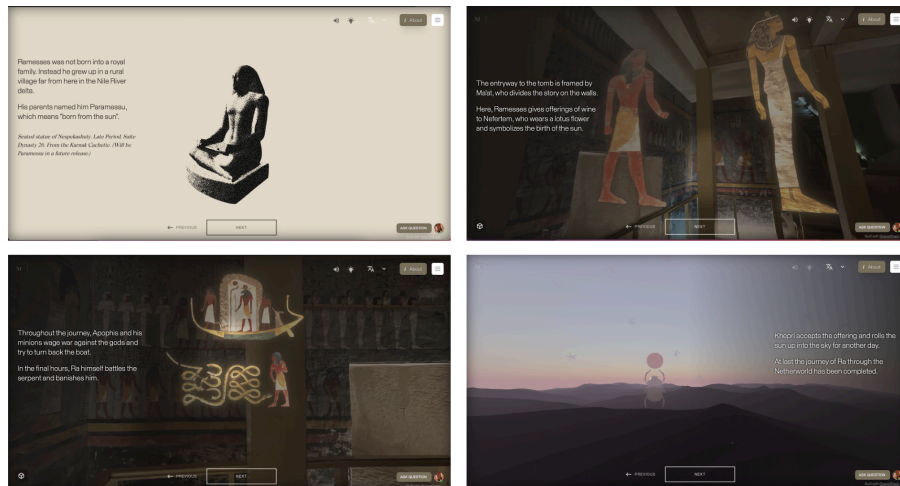
Fonte: *Mused* (2024)¹⁷

¹⁶ Disponível em: <<https://mused.com/tours/730/tomb-of-ramesses-i/>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

¹⁷ Disponível em: <<https://mused.com/tours/730/tomb-of-ramesses-i/>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

A análise da Arquitetura de Informação mostra o uso de pontos de interesse (*hotspots*) distribuídos estrategicamente no espaço. Ao serem clicados, esses pontos expandem janelas contendo textos, imagens e áudios explicativos (Figura 18), confirmando o potencial dessa ferramenta para a mediação de conteúdo.

Figura 18 - Pontos de interesse e informação



Fonte: Mused (2024)¹⁸

Contudo, a análise crítica de UX (*User Experience*) revelou limitações que se tornaram oportunidades de inovação para o projeto da Gruta de Ubajara. O passeio do Ramesses utiliza um sistema de navegação por pontos de passo (Figura 19), onde o visitante não tem total liberdade de movimento, resultando em uma experiência fragmentada.

Figura 19 - Navegação por pontos de passo



Fonte: Mused (2024)¹⁹

¹⁸ Disponível em: <<https://mused.com/tours/730/tomb-of-ramesses-i/>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

¹⁹ Disponível em: <<https://mused.com/tours/730/tomb-of-ramesses-i/>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

Em contrapartida, o projeto da Gruta de Ubajara apropria-se de padrões de jogos em primeira pessoa (*First Person Shooter*), permitindo que o visitante se mova livremente utilizando as teclas WASD do teclado. Essa escolha rompe com a linearidade, possibilitando uma narrativa não linear onde o usuário constrói seu próprio caminho de exploração.

Além disso, enquanto *The Tomb of Ramesses I* (2025) depende majoritariamente de textos narrados, a proposta da Gruta avança na estratégia de *storytelling*, substituindo a leitura densa por animações que atuam como ferramentas de mediação. Dessa forma, o projeto do Passeio Virtual da Gruta de Ubajara une a técnica da fotogrametria com a fluidez dos videogames.

3.3 Minecraft (*Mojang Studios*)

Embora não configure um produto museológico, o jogo *Minecraft* (2011) da *Mojang Studios*, foi selecionado como referência estrutural de Interface (UI) e Experiência do Usuário (UX). A escolha justifica-se pela alta popularidade deste software junto ao público infanto-juvenil, um dos grupos-alvo do projeto da Gruta de Ubajara, e pelo seu papel na alfabetização digital espacial dessa geração.

Minecraft (2011) popularizou a exploração de ambientes tridimensionais em primeira pessoa (Figura 20) utilizando a combinação de teclado (teclas W, A, S, D para movimento) e mouse (para controle da câmera). Ao adotar esse mesmo padrão de comandos para o passeio virtual da Gruta de Ubajara, o projeto reduz drasticamente a curva de aprendizado do usuário.

Figura 20 - *Minecraft* (2011) no modo exploração em primeira pessoa



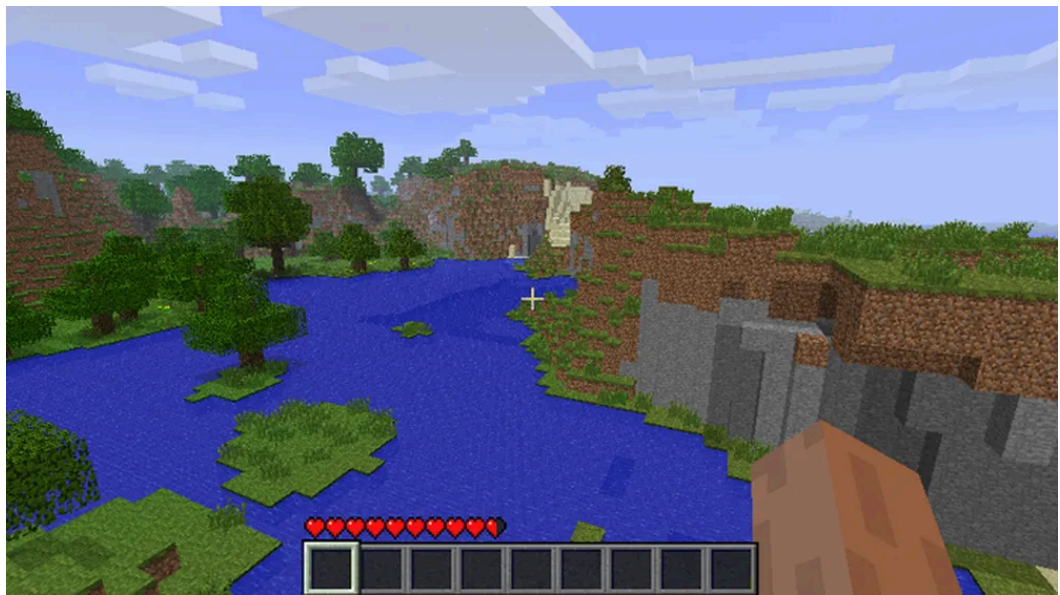
Fonte: Olhar Digital²⁰

²⁰ Disponível em:

Conforme estabelece a 4ª Heurística de Nielsen: Consistência e Padrões (Nielsen, 1994), os usuários preferem interfaces que funcionam de maneira semelhante às que eles já conhecem. Esse princípio, conhecido como Lei de Jakob, reforça que a familiaridade reduz a carga cognitiva e facilita a navegação. Ao mimetizar a mecânica de jogos digitais, o museu virtual aproveita esse conhecimento prévio, tornando a navegação mais intuitiva para o visitante escolar.

O segundo ponto de análise foi o desenho da interface, especificamente o uso de HUD (*Heads-Up Display*). No jogo, as ferramentas e informações vitais ficam dispostas nas extremidades da tela, mantendo o centro do campo de visão livre para a imersão no ambiente (Figura 21).

Figura 21 - *Heads-Up Display*



Fonte: TechTudo (2023)²¹

Ao invés de menus densos ou janelas que cobrem a tela, optou-se por ícones minimalistas e periféricos. Além disso, a lógica de busca por recursos presente no jogo, onde o jogador explora o mapa para encontrar itens, foi traduzida na expografia. No passeio virtual, o visitante é incentivado a caçar as animações (*hotspots*) escondidas na paisagem, transformando a visita educativa em uma jornada de descoberta ativa.

<<https://olhardigital.com.br/2023/08/15/dicas-e-tutoriais/minecraft-5-coisas-que-voce-precisa-estar-alerta-ao-jogar/>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

²¹ Disponível em:

<<https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/2020/07/minecraft-fas-encontrar-semente-do-titulo-do-game-veja-como-usar.ghtm/>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

Dessa forma, o *Minecraft* (2011) serve como referência comportamental, ensinando como engajar o usuário através da liberdade de movimento e da clareza de interface.

3.4 Síntese referencial

A investigação dos similares permitiu estruturar o projeto sobre um tripé conceitual, onde cada referência soluciona uma dimensão específica do problema de design: a narrativa, a técnica e a interação. Essa triangulação foi essencial para definir a identidade do passeio virtual da Gruta de Ubajara.

No âmbito narrativo, o projeto *Fósseis do Cariri* (2025) demonstrou que a tecnologia em patrimônios geológicos não deve se limitar à exibição estática. A estratégia de usar camadas digitais para revelar o invisível, seja o tempo histórico ou a estrutura interna de um fóssil, foi apropriada para o projeto da Gruta, justificando o uso de animações 2D sobrepostas ao ambiente 3D para explicar os conteúdos.

Sob a óptica técnica, o tour de *Tomb of Ramesses I* (2025) validou a fotogrametria como método de preservação digital. A referência confirmou que a navegação por pontos de interesse é o padrão da indústria para manter a imersão sem sacrificar o conteúdo informativo, diretriz que foi incorporada à estrutura de cenas do passeio.

Por fim, a análise da ergonomia cognitiva trouxe o *Minecraft* (2011) como referência central de usabilidade. Ao identificar que o público-alvo escolar já possui um modelo mental de navegação consolidado por jogos digitais, o projeto adotou o padrão de movimentação WASD. Essa apropriação reduz a curva de aprendizado, permitindo que o visitante foque no conteúdo cultural e não na dificuldade de operar a interface.

O Quadro 2 sintetiza como essas influências distintas convergem para as funcionalidades implementadas na interface final.

Quadro 2 - Análise de similares

REFERÊNCIA	ASPECTO ANALISADO	APLICAÇÃO NO PASSEIO VIRTUAL DA GRUTA DE UBAJARA
Fósseis do Cariri	Tecnologia e patrimônio local	Uso de camadas animadas para revelar o invisível (tempo/história).

<i>Tomb of Ramesses I</i>	Técnica de captura	Validação da fotogrametria e uso de <i>hotspots</i> de informação.
<i>Minecraft</i>	Usabilidade e navegação	Adoção da movimentação livre (WASD) e interface <i>HUD</i> intuitiva, aproveitando a familiaridade do público jovem.

Fonte: Elaborada pela autora

4. DESIGN COMO PROCESSO DE PESQUISA

A abordagem metodológica deste trabalho situa-se no campo do *Research Through Design* (pesquisa através do Design), onde a produção do artefato não é um subproduto da investigação, mas o próprio meio pelo qual o conhecimento é gerado. Contudo, para que a prática projetual ultrapasse a mera execução técnica e se configure como pesquisa acadêmica, é necessário adotar uma postura crítica e analítica sobre o processo de criação.

Neste contexto, a pesquisa fundamenta-se na noção de "profissional reflexivo", conceituada por Schön (1983) em sua obra seminal *The Reflective Practitioner*. Para o autor, a reflexão não é um ato mecânico, mas uma competência essencial para lidar com a incerteza. Essa perspectiva é ampliada por Tardif e Moscoso (2018), que compreendem essa epistemologia da prática como a capacidade de gerenciar situações complexas e únicas, as quais não podem ser resolvidas apenas pela aplicação de regras técnicas preestabelecidas.

Tardif e Moscoso (2018) alertam para o perigo de uma interpretação reducionista da reflexividade. Eles propõem que a verdadeira prática reflexiva envolve não somente a resolução técnica de tarefas (*problem solving*), mas a capacidade de estruturar a situação complexa que se apresenta (*problem setting*). No desenvolvimento do passeio virtual da Gruta de Ubajara o desafio não era apenas como modelar uma caverna, mas sim como traduzir as informações do tempo geológico para uma linguagem visual acessível sem perder o rigor científico.

Essa perspectiva alinha-se à visão de que a reflexão é, também, uma experiência social e interativa. Conforme destacam Tardif e Moscoso (2018, p. 400), apoiando-se em teóricos como Dewey e Mead, a ação reflexiva ocorre na interação com o ambiente e com os outros. No caso deste projeto, o ambiente é o espaço digital restrito (limitações de performance web, renderização 3D) e os outros são representados tanto pela equipe técnica (designers, historiadores) quanto pelo público-alvo (estudantes).

Assim, o design opera aqui como um processo dialógico. Cada decisão projetual, seja a escolha da paleta de cores para uma animação, seja a definição da mecânica de navegação, foi uma resposta reflexiva a uma tensão existente entre a tecnologia disponível e a experiência desejada. O artefato final, o passeio virtual, é portanto a materialização dessa série de julgamentos reflexivos.

O processo de desenvolvimento, detalhado a seguir, ocorreu de forma iterativa e recursiva, estruturando-se em ciclos de experimentação, erro e ajuste. Por meio da reflexão na ação e sobre a ação, as estratégias de mediação expográfica foram continuamente refinadas.

4.1 Etapas do processo de desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto ocorreu seguindo um fluxo de cinco etapas, que partiu da imersão no conteúdo até a validação técnica. Embora apresentadas de forma linear para fins de organização textual, essas etapas envolvem ciclos constantes de revisão e aprimoramento. Elas foram estruturadas sob a lógica metodológica do Diamante Duplo (*Double Diamond*), desenvolvido pelo *British Design Council* (2005).

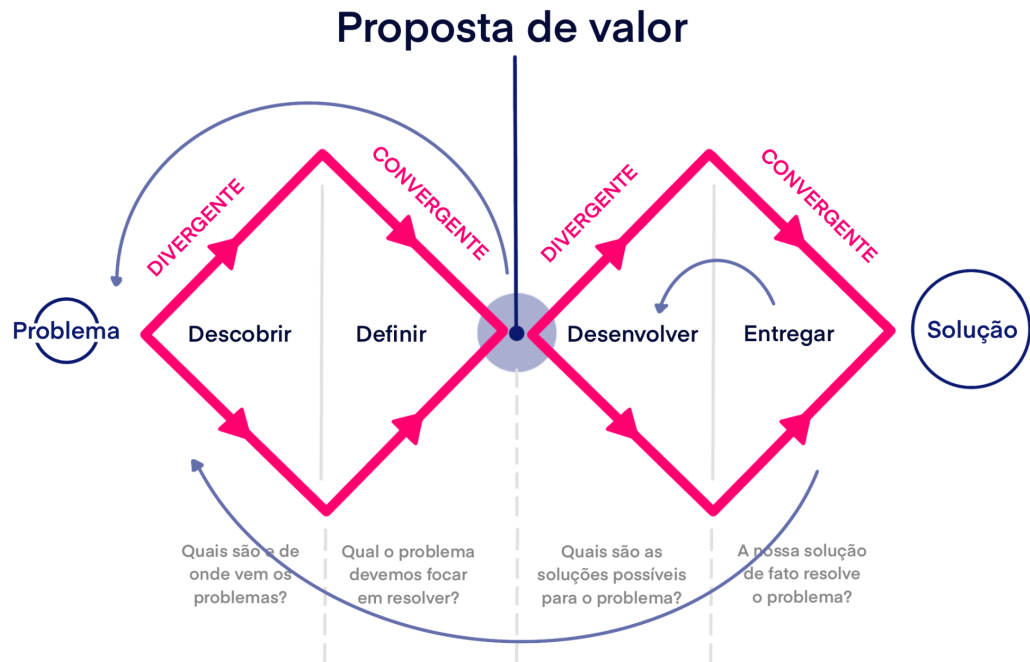
Dessa forma, as fases do projeto alternam momentos de divergência (expansão de possibilidades e pesquisa) e convergência (seleção e refinamento), distribuindo as cinco etapas operacionais deste trabalho dentro dos dois grandes movimentos do diagrama: a definição do problema e a construção da solução.

Este modelo gráfico mapeia o processo criativo em quatro fases distintas, alternando entre momentos de pensamento divergente (quando se busca ampliar horizontes e gerar opções) e pensamento convergente (quando se busca filtrar informações e tomar decisões focalizadas). As quatro fases são:

- a. **Descobrir:** A fase inicial de divergência, focada na imersão e levantamento de dados.
- b. **Definir:** A etapa de convergência, onde se sintetizam as informações para delimitar a estratégia do projeto.
- c. **Desenvolver:** Um novo momento de divergência, focado na ideação, prototipagem e criação dos ativos visuais.
- d. **Entregar:** A convergência final, voltada para os testes, refinamentos e finalização do produto.

A aplicação deste modelo ao projeto da Gruta de Ubajara permitiu organizar o fluxo de trabalho de maneira orgânica, conforme ilustrado na Figura 22.

Figura 22 - O processo de design estruturado no modelo *Double Diamond*.



Fonte: Adaptado de *British Design Council* (2005).

A seguir, detalham-se as atividades realizadas em cada uma dessas fases.

4.1.1 Pesquisa e levantamento de dados

A primeira etapa do processo foi dedicada à compreensão do problema, imergindo no universo da Gruta de Ubajara. Como o objetivo era criar mediações visuais para um patrimônio natural, foi necessário compreender o objeto de estudo em suas dimensões geológica, histórica e cultural.

O levantamento de dados foi realizado em colaboração multidisciplinar com a equipe técnica do programa Cientista Chefe da Cultura e especialistas do ICMBio. As fontes de informação primárias incluíram:

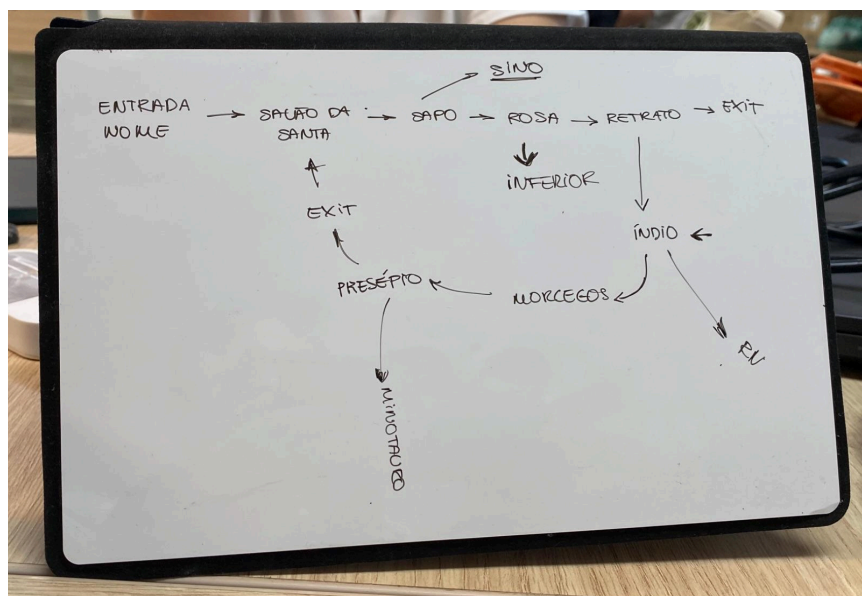
- **Dados geológicos:** Relatórios técnicos sobre a espeleologia local e a formação das estruturas rochosas;

- **Dados históricos:** Pesquisa bibliográfica sobre a presença dos povos Tabajara e o registro das lendas locais;
- **Acervo visual:** Análise preliminar da nuvem de pontos bruta proveniente do escaneamento a laser e vídeos de referência captados in loco.

Especificamente na análise dos dados históricos e culturais, a equipe debruçou-se sobre a Lenda de Ubajara. A pesquisa identificou na etimologia da palavra e na mitologia local a figura de um "Senhor da Canoa" ou "Senhor da Flecha", um guardião ancestral que habitaria a gruta. Esse achado foi crucial, pois forneceu os elementos simbólicos (a canoa, a flecha, a relação com a água) que serviriam de alicerce para a construção da narrativa e do personagem-guia, garantindo que a proposta estivesse enraizada na identidade do território.

Nesta fase de divergência, foram realizadas reuniões de alinhamento para entender os levantamentos pré-existentes. Um documento central para esta etapa foi o mapeamento da jornada do visitante, apresentado pela pesquisadora especialista do projeto. Esse fluxograma permitiu à equipe de design visualizar o percurso físico real e identificar onde a intervenção digital poderia agregar valor (Figura 23).

Figura 23 - Mapeamento inicial da jornada do visitante na Gruta



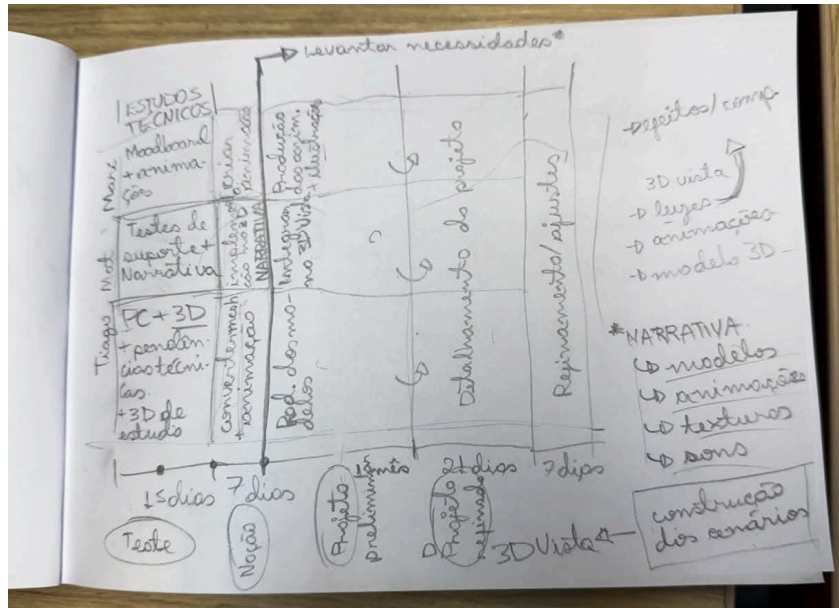
Fonte: Acervo do projeto (2025).

Diante da vastidão da gruta, a equipe optou por delimitar o escopo inicial de desenvolvimento, definindo a Sala da Rosa como ambiente piloto para o protótipo. Essa

escolha estratégica permitiu focar os esforços de modelagem e narrativa em um espaço controlado antes de expandir para o restante da gruta.

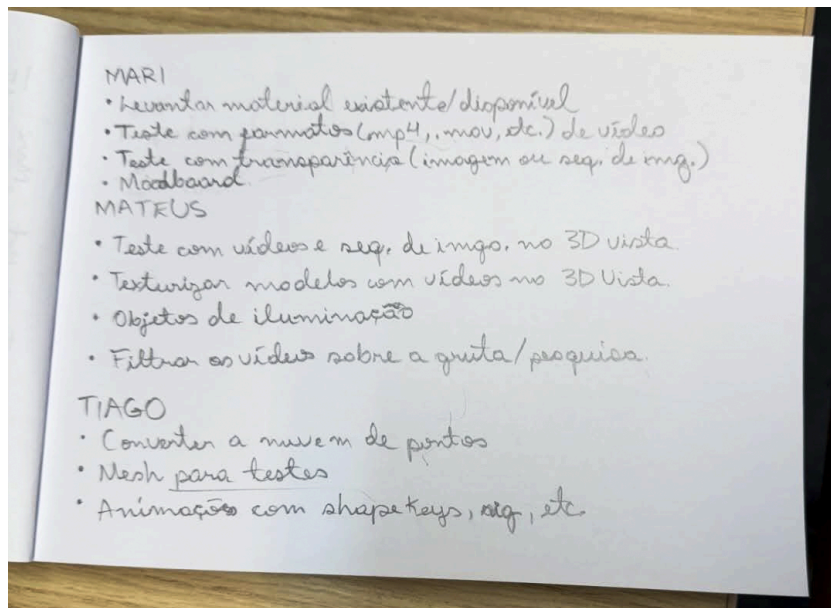
Simultaneamente à definição do escopo, estabeleceu-se a gestão do projeto com a divisão de tarefas e cronograma de entregas (Figura 24 e 25).

Figura 24 - Cronograma do projeto



Fonte: Acervo do projeto (2025).

Figura 25 - Divisão de tarefas



Fonte: Acervo do projeto (2025).

Foi durante essas sessões iniciais de análise de referências visuais que surgiu a primeira hipótese projetual: a necessidade de utilizar ilustrações e animações como recurso cognitivo. Observou-se que, para o visitante leigo, seria difícil identificar as formações rochosas apenas com a imagem do escaneamento. Portanto, a animação serviria como uma ferramenta para guiar o olhar e auxiliar na abstração das imagens narradas.

4.1.2 Desenvolvimento conceitual e roteiro

Seguindo a lógica de convergência que encerra o primeiro Diamante, a equipe dedicou-se a sintetizar os dados levantados durante a imersão para delimitar a estratégia do produto. O objetivo central estabelecido foi romper com o caráter puramente contemplativo e documental das imagens 360°, transformando a visualização técnica em uma experiência narrativa guiada.

Para materializar essa proposta, a pesquisa histórica e o diálogo com a comunidade local foram decisivos na definição do mediador da experiência. Em vez de uma voz institucional neutra, optou-se pela criação de um personagem-guia indígena. Essa escolha estratégica, validada culturalmente, busca conectar o usuário à ancestralidade da região e às lendas de Ubajara, atendendo ao critério de pertencimento.

A complexidade de abordar, simultaneamente, o tempo geológico e o tempo histórico foi resolvida através do conceito de "Dobra no Tempo". Para situar o visitante, a equipe desenvolveu uma metáfora visual que articula a iluminação e a atmosfera cromática do ambiente. No contexto do tempo presente, simbolizado pela lanterna da exploração científica, o modelo 3D preserva suas cores naturais, mimetizando a percepção real da gruta.

Já na representação do tempo ancestral, guiada pela tocha, a atmosfera assume uma tonalidade azulada intencional. Essa alteração na temperatura de cor remete ao período geológico em que a formação rochosa esteve submersa por águas, funcionando como um código semiótico que permite ao usuário identificar, através da estética, em qual camada temporal a narrativa se encontra.

Somando-se a essas definições narrativas, a estratégia visual consolidou-se a partir da premissa de "camadas de informação". Entendeu-se que o passeio virtual não deveria apenas replicar a realidade, mas aumentá-la. Para isso, definiu-se que toda informação didática seria apresentada em linguagem visual 2D, com traço manual e orgânico, contrastando propositalmente com o realismo fotográfico da caverna 3D. Essa escolha serve para guiar o olhar do visitante, destacando o conteúdo educativo em meio ao ambiente virtual.

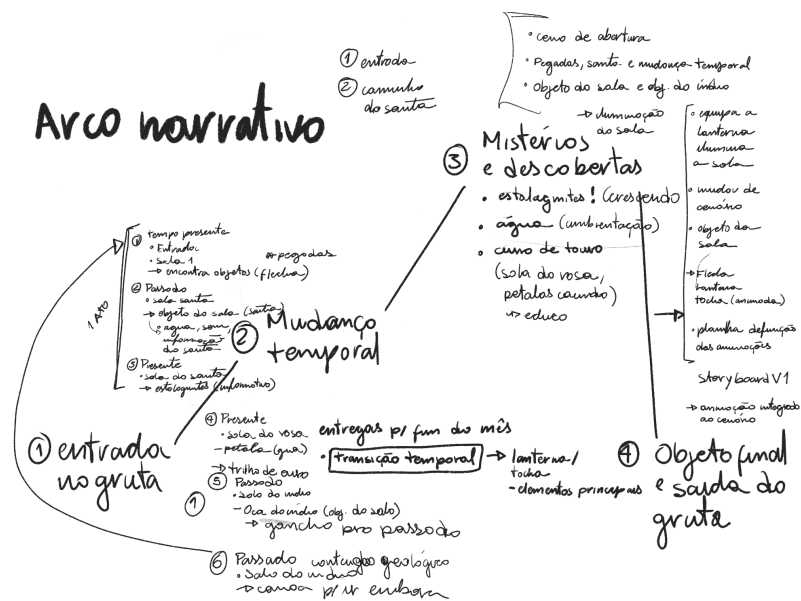
No ambiente virtual da Gruta de Ubajara, optou-se por uma organização expográfica de caráter híbrido. Embora a progressão entre as salas siga uma lógica linear, na qual o avanço depende da coleta de itens, condicionando o acesso à próxima etapa, a navegação dentro de cada cenário ocorre de forma episódica. Isso permite que o usuário explore o ambiente e interaja com os pontos de interesse com autonomia, construindo sua própria trajetória de descoberta antes de avançar para o próximo nível.

Com essas premissas estabelecidas, partiu-se para a roteirização. O processo seguiu dois momentos sequenciais de validação:

a) Roteiro narrativo

O desenvolvimento da narrativa textual seguiu um processo iterativo de escrita e revisão. Inicialmente, foram realizadas sessões de *brainstorming* (sessão de geração de ideias) focadas na definição do arco narrativo (Figura 26), desenhando a jornada emocional do visitante desde a entrada na gruta até a descoberta final. Nesta etapa, o desafio central consistiu em decupar o arco narrativo geral em uma estrutura sequencial de cenas. Foi necessário espacializar a história, definindo passo a passo como cada ambiente da gruta contribuiria para a jornada do visitante e em qual momento cada informação seria revelada.

Figura 26 - *Brainstorm* do arco narrativo



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir dessas definições, produziu-se uma primeira versão do roteiro cena a cena (Figuras 27 e 28).

Figura 27 - Primeira versão do roteiro (Ato 1)

Ato 1 - Cena 1 (Presente)

Entrada da gruta; flecha voa e entra na gruta; convite à experiência

Ato 1 - Cena 2 (Presente)

Equipar lanterna; encontra flecha que dança e muda o tempo

Ato 1 - Cena 3 (Passado)

Lanterna vira tocha; pegadas se formam até a Santa; narração sobre fé

Ato 1 - Cena 4 (Presente)

Tocha vira lanterna; formação de estalagmites; fala sobre o tempo

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 28 - Primeira versão do roteiro (Ato 2)

Ato 2 - Cena 5 (Presente) Pétala da rosa guia até próxima sala
Ato 2 - Cena 6 (Presente) Pétalas viram pedras preciosas; história do ouro de tolo
Ato 2 - Cena 7 (Presente) Trilha de ouro de tolo leva à próxima sala
Ato 2 - Cena 8 (Passado) Interação com oca leva ao passado
Ato 2 - Cena 9 (Passado) Apresentação de conteúdo geológico sobre o rio
Ato 2 - Cena 10 (Passado) Monólogo final do indígena; ele conduz visitante de volta
Ato 2 - Cena 11 (Presente) Retorno à entrada da gruta

Fonte: Elaborado pela autora.

Entretanto, a versão inicial contemplava um percurso abrangente, e serviu como base para uma análise crítica cruzada com a viabilidade técnica. Ao identificar quais ambientes apresentavam qualidade fotogramétrica satisfatória, a equipe redefiniu o escopo do passeio. Essa delimitação espacial foi essencial para a consolidação do roteiro final. Ao focar apenas nas áreas com fidelidade visual garantida, foi possível refinar o ritmo e a clareza das informações. A estrutura definitiva, sincronizando a locução do guia com a ação visual na sala selecionada, resultou no roteiro final (Figura 29, 30 e 31).

Figura 29 - Roteiro final (Página 1)

1 ATO

CENA 1 - ENTRADA DA GRUTA

Tempo: **Presente** (ambientação natural)

Sons: Floresta, animais e canto de pássaros

- Uma flecha passa voando (animação 2D) e entra na gruta
- O visitante é convidado a participar da experiência

TRANSIÇÃO: Mudança de ambiente, clique no ícone da gruta

CENA 2 - ENTRADA DA GRUTA

Tempo: **Presente** (ambientação natural)

- O visitante equipa a lanterna

TRANSIÇÃO: Tela fica mais clara após equipar a lanterna

CENA 3 - ENTRADA DA GRUTA

Tempo: **Presente** (ambientação natural)

Sons: Sons de eco, caverna

- Pegadas vão se formando em direção ao próximo ambiente (animação 2D)

TRANSIÇÃO: Mudança de ambiente, clique nas pegadas

CENA 4 - SALA DA ROSA

Tempo: **Presente** (ambientação natural)

Sons: Sons de brilho, pedras preciosas

- As pétalas da rosa (objeto coletável) caem e se transformam em pedras preciosas (animação 2D)
- Informações geológicas sobre o ouro de tolo

Narração do indígena:

Em certa época do ano, a rosa se abre... a luz invade a gruta e faz as pedras brilharem! Mas nem tudo que brilha é ouro, até o mais duro calcário floresce em calcita. O brilho da caverna é outro tipo de tesouro...

SEM TRANSIÇÃO: Passeio livre pelo 3D

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 30 - Roteiro final (Página 2)

CENA 5 - SALA DA ROSA

Tempo: **Presente** (ambientação natural)

Sons: Sons de gotas pingando

- (Animação 2D) demonstração da formação dos estalagmites e estalactites (objeto coletável)

- Informações geológicas complementam a cena

Narração do indígena:

O tempo pinga lento, como a água que molda as pedras...

EM CIMA, ESTALACTITES

EMBAIXO, ESTALAGMITES

Gota por gota, milênios esculpem o que teus olhos veem

2 ATO

CENA 6 - SALA DA ROSA

Tempo: **Presente** (ambientação natural)

- Um portal se abre após a coleta de todos os itens (animação 2D)

TRANSIÇÃO: Tela escura, mudança de tempo e de ambiente, clique no portal

CENA 7 - SALA DA ROSA

Tempo: **Passado** (ambientação azulada, efeito de água)

- A lanterna muda para tocha

- O visitante interage com a canoa (objeto coletável)

CENA 8 - SALA DA ROSA

Tempo: **Passado** (ambientação azulada, efeito de água)

- O visitante interage com a canoa (objeto coletável)

- Conteúdo geológico sobre o rio é apresentado (animação 2D)

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 31 - Roteiro final (Página 3)

CENA 9 - SALA DA ROSA

Tempo: **Passado** (ambientação azulada, efeito de água)

- Figura do indígena aparece e inicia seu monólogo final (animação 2D)

Narração indígena:

Pelos salões do tempo, ecoa a memória da caverna

Sou aquele que ficou para contar, guardião da Canoa, senhor da Flecha.

Habitei esse lugar quando os rios ainda sussurravam no escuro.

Agora, é minha vez de guiar você de volta.

O tempo transforma a pedra, assim como quem por ela caminha: Leve consigo mais do que imagens... leve aquilo que sentiu

TRANSIÇÃO: Tela escura, finaliza a experiência, realização apoio e ficha técnica

CENA 10 (Final) - ENTRADA DA GRUTA

Tempo: **Presente** (ambientação natural)

Sons: Floresta, animais e canto de pássaros

- O visitante retorna ao lugar inicial no 360°

Fonte: Elaborado pela autora.

O roteiro final consolidou-se em dois atos que correspondem diretamente aos tempos históricos definidos na estratégia projetual. O Primeiro Ato foca na exploração do tempo presente. A experiência inicia-se na entrada da gruta com uma ambientação sonora naturalista, onde uma flecha animada cruza a tela para convidar o visitante a entrar, rompendo a inércia inicial.

Nesta fase, a mecânica principal é a descoberta científica. Ao entrar na gruta e equipar a lanterna, a iluminação da tela se altera, simulando a visão de um explorador contemporâneo. O percurso guia o usuário até a Sala da Rosa, onde a narrativa entrelaça geologia e poesia. Ao interagir com o ambiente, o visitante descobre lições geológicas por meio de animações didáticas, que explicam por exemplo a formação lenta das estalactites e estalagmites.

A transição para o Segundo Ato ocorre através de uma ruptura visual e mágica. Após a coleta de itens específicos, um portal se abre, transportando o usuário para o passado mítico da caverna. Neste momento, a atmosfera cromática muda drasticamente para tons azulados e a lanterna é substituída por uma tocha, simbolizando o recuo no tempo. A sala também é ambientada ao som de águas. O visitante encontra-se no passado, a Sala da Rosa agora está submersa em uma estética que remete à origem fluvial da gruta, onde a interação revela o passado geológico do rio que ali corria simbolizado pela canoa.

O clímax da experiência é marcado pela aparição do personagem-guia, que finalmente se apresenta como o Guardiã da Canoa e Senhor da Flecha. Em seu monólogo final, o indígena amarra os conceitos de memória e preservação, instruindo o visitante: "Leve consigo mais do que imagens, leve aquilo que sentiu". A narrativa encerra-se em ciclo: após o discurso, o usuário é devolvido à entrada da gruta no tempo presente, completando a jornada.

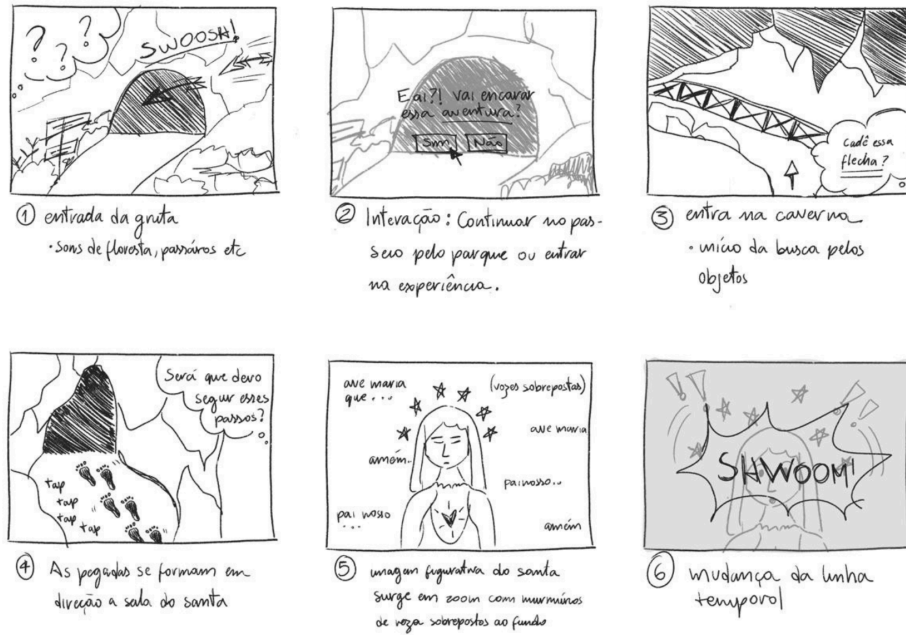
b) *Storyboards*

Consolidada a narrativa textual, a etapa seguinte consistiu na tradução visual do roteiro através da produção de *storyboards*. Utilizou-se o método tradicional de representação sequencial, criando esboços que permitiram à equipe pré-visualizar as cenas e o fluxo da experiência antes de iniciar a produção das ilustrações e a implementação técnica no software.

Além de orientar a produção artística, os *storyboards* funcionaram também como um guia de montagem para a programação, pois neles foram especificados também o design de interface (UI). Os *storyboards* funcionaram como a primeira validação espacial do projeto, neles foram rascunhados a disposição dos elementos na tela, o posicionamento dos menus e botões, e o momento de aparecimento das animações 2D. Essa etapa de planejamento foi crucial para antecipar problemas de composição e garantir que a narrativa descrita no papel tivesse clareza e fluidez visual.

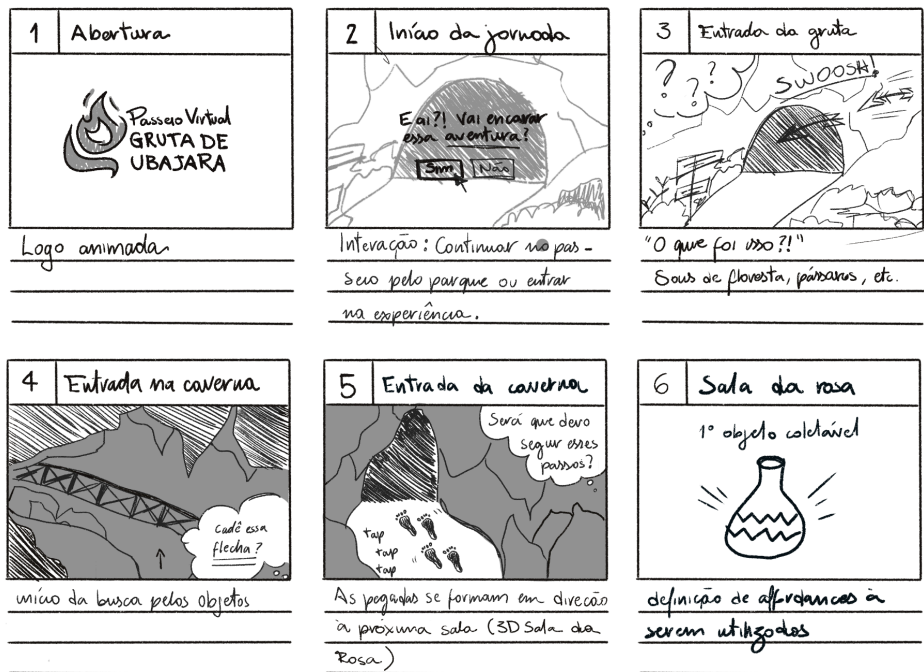
Para documentar a evolução projetual, apresentam-se a seguir os registros gráficos das duas fases de planejamento. A Figura 32 ilustra os *storyboards* da primeira versão do roteiro, referentes à concepção inicial do arco narrativo. Em sequência, a Figura 33 detalha o planejamento visual consolidado do roteiro final, já com as cenas adaptadas aos ajustes de escopo e focadas na mecânica de interação da Sala da Rosa.

Figura 32 - Storyboard inicial



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 33 - Storyboard final



Fonte: Elaborado pela autora.

Além da validação espacial, os storyboards serviram como diretriz fundamental para a produção das ilustrações e animações. Os esboços funcionaram como a referência

primária para a criação dos ativos gráficos (*assets*), garantindo que a execução final preservasse a intenção narrativa de cada cena.

4.1.3 Ilustração e identidade visual

Iniciando a fase de divergência do segundo diamante, a etapa de desenvolvimento, o trabalho focou na materialização das ideias validadas nos *storyboards*. O objetivo central foi criar um sistema visual que dialogasse com a fotogrametria sem competir com ela.

Para fundamentar a direção de arte, elaborou-se inicialmente um painel semântico (*moodboard*). Essa ferramenta reuniu referências que privilegiam o traço manual, formas orgânicas e o uso de cores vibrantes e sólidas. O painel (Figura 34) buscou uma estética que remetesse à ancestralidade e à natureza, com texturas que lembram pintura e gravura, criando um contraste intencional com o realismo fotográfico e escuro da gruta, facilitando assim a distinção entre o que é cenário e o que é narrativa

Figura 34 - Painel semântico (*moodboard*) com referências de estilo e cor



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir das diretrizes estéticas do painel semântico, consolidou-se a paleta de cores do projeto (Figura 35). A seleção cromática priorizou tons de alta saturação e luminosidade, necessários para garantir a legibilidade das ilustrações sobre o fundo escuro e rochoso da gruta.

Figura 35 - Paleta de cores



Fonte: Elaborado pela autora.

A estratégia de cores também assumiu função narrativa, dividindo-se em dois espectros: tons quentes e alaranjados para representar a materialidade física do tempo presente (Figura 36), e tons frios de azul para referenciar as águas da formação geológica, também sinalizando os momentos de magia e a imersão no tempo passado (Figura 37).

Figura 36 - Ambientação em tons alaranjados natural da gruta



Fonte: Protótipo (2026)²²

²² Disponível em: <<https://repositoriodocumentace.com/interação-gruta/index.htm>>. Acesso em: 09 jan. 2026.

Figura 37 - Ambientação em tons frios de azul



Fonte: Protótipo (2026)²³

Para a produção das ilustrações, optou-se pelo software *Procreate* (iPad OS) devido à afinidade técnica com a ferramenta, garantindo maior agilidade na execução e permitindo o uso de pincéis que reforçam o aspecto de desenho manual desejado para o projeto.

Inicialmente, desenvolveram-se os *assets* primários, elementos centrais descritos no roteiro. Esse grupo inclui a flecha, as pegadas e as ferramentas de iluminação, a tocha e a lanterna (Figura 38).

Figura 38 - Ambientação em tons frios de azul



Fonte: Elaborado pela autora.

²³ Disponível em: <<https://repositoriodocumentace.com/interação-gruta/index.htm>>. Acesso em: 09 jan. 2026.

Os demais *assets* desenvolvidos foram classificados em dois eixos funcionais. O primeiro eixo refere-se aos elementos de interface e navegação. Neste grupo, destacam-se os botões, fundos de legendas e de pop-ups de informação, apresentados na Figura 39.

Figura 39 - Elementos de interface e navegação



Fonte: Elaborado pela autora.

Já o segundo eixo abrange os elementos narrativos e de interação, composto pelos objetos que integram o conteúdo da história e a explicação geológica. Integram esta categoria a calcita, as estalagmites, a canoa e os potes de barro que, ao serem ativados, revelam animações didáticas, funcionando como recompensas visuais que incentivam a exploração do ambiente (Figura 40).

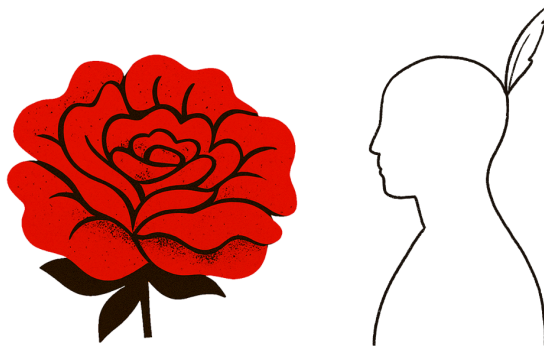
Figura 40 - Elementos narrativos e de interação



Fonte: Elaborado pela autora.

Também neste grupo estão a rosa e a silhueta do indígena. Para a concretização destes componentes específicos, o projeto contou com a colaboração do designer Mateus Valente, que auxiliou na produção da ilustração da rosa e na posterior animação da mesma e dos efeitos de fogo da silhueta do indígena (Figura 41).

Figura 41 - Demais elementos narrativos e de interação



Fonte: Elaborado pela autora e por Mateus Valente.

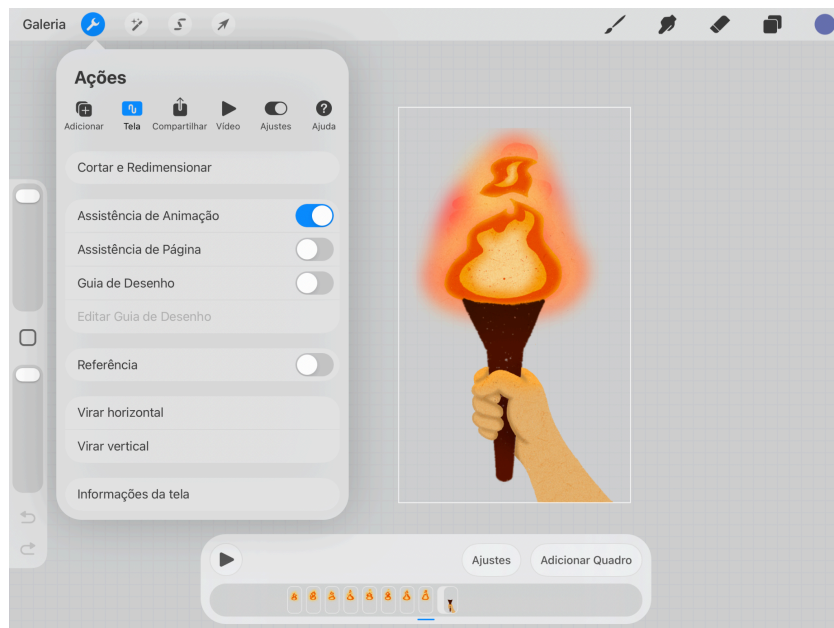
4.1.4 Animações

Antes de iniciar a etapa de animação de fato, realizou-se um levantamento técnico preliminar para definir o formato de exportação mais adequado à plataforma de montagem do tour virtual, o *3DVista*. O requisito fundamental era o suporte ao canal alfa (transparência), funcionalidade indispensável para que as animações pudessem flutuar sobre a fotogrametria da gruta.

A pesquisa inicial descartou formatos de vídeo tradicionais como o MP4, pela ausência de canal alfa, e o MOV, que resultaria em arquivos excessivamente pesados para a versão web. A solução técnica adotada foi o formato APNG (*Animated PNG*), segundo a documentação técnica do *3DVista*, este formato é o mais indicado para *hotspots* animados, pois preserva a qualidade da imagem e a transparência com uma taxa de compressão superior à do GIF, permitindo loops contínuos e bordas limpas sem comprometer o desempenho do tour.

Definidas as restrições técnicas e o formato de saída, iniciou-se a produção efetiva no software *Procreate*, utilizando a ferramenta nativa de Assistência de Animação, apresentada na Figura 42. Esse recurso possibilitou criar e visualizar os quadros de movimento em tempo real, funcionalidade potencializada pelo uso de camadas de cebola.

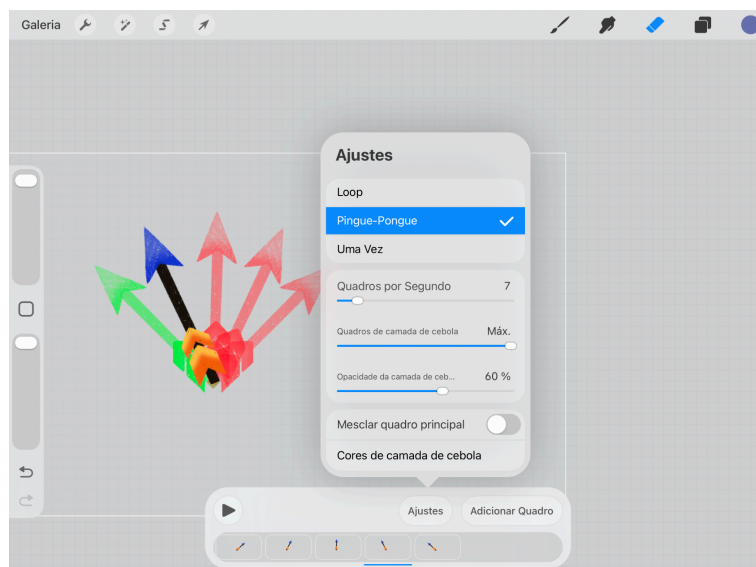
Figura 42 - Assistência de Animação no *Procreate*.



Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com o manual do *Procreate* (2026), tal recurso inspira-se na técnica tradicional de animação sobre mesas de luz, ao projetar cópias semitransparentes dos desenhos anteriores (em vermelho) e posteriores (em verde) sobre o quadro atual. Conforme detalhado na Figura 43, essa visualização centralizou a produção artística e a animação quadro a quadro em um único ambiente, dispensando a migração para softwares externos.

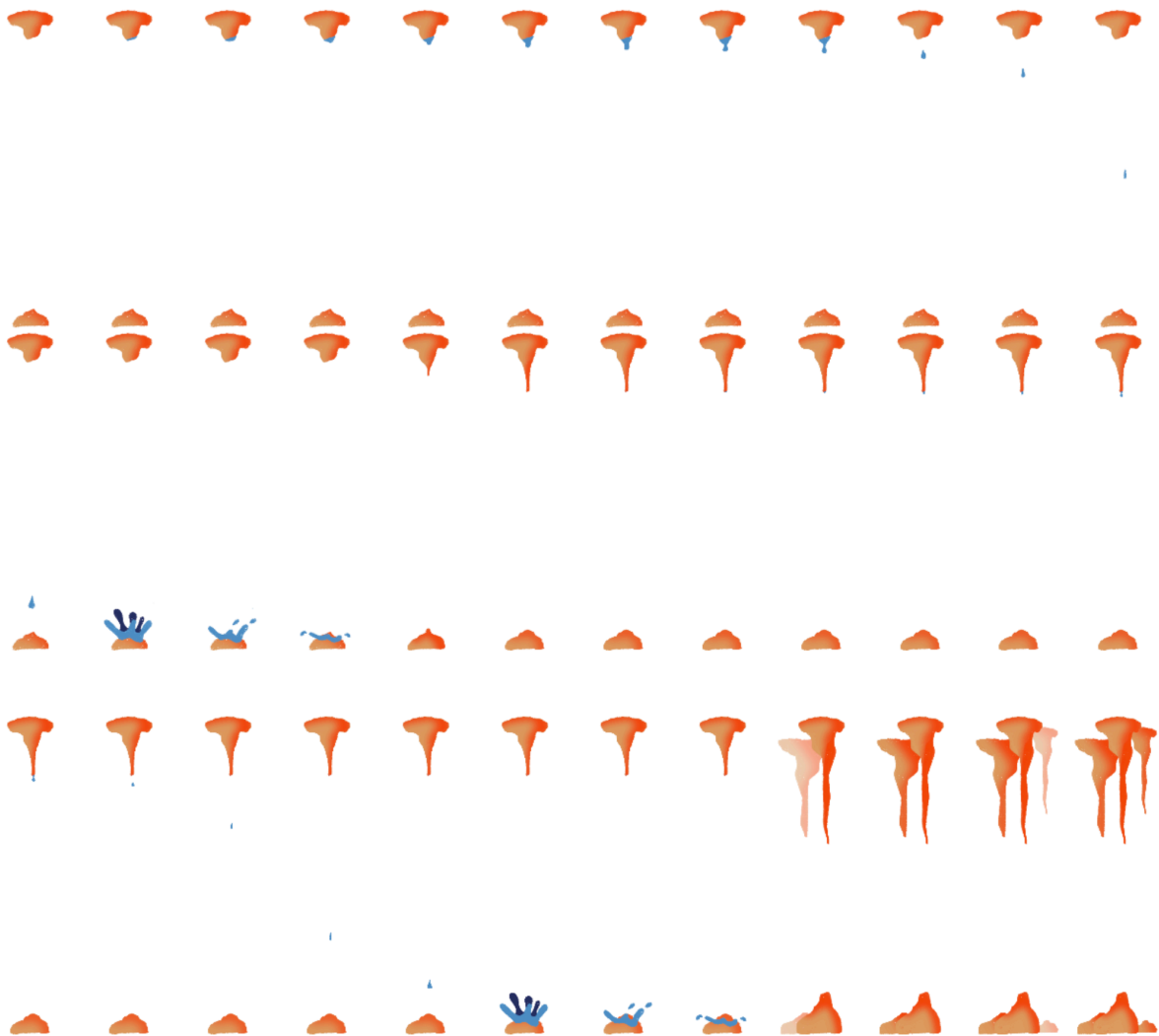
Figura 43 - Ajustes da Assistência de Animação no *Procreate*.



Fonte: Elaborado pela autora.

Uma vez estabelecido o fluxo de trabalho no *Procreate*, iniciou-se a produção das sequências de movimento para os diversos ativos do projeto. A técnica adotada exigiu o desenho individual de cada etapa da ação (quadro a quadro), assegurando a fluidez visual sem comprometer a riqueza de texturas e a identidade artística previamente concebidas. A Figura 44 exemplifica a aplicação desse processo na animação das estalagmites.

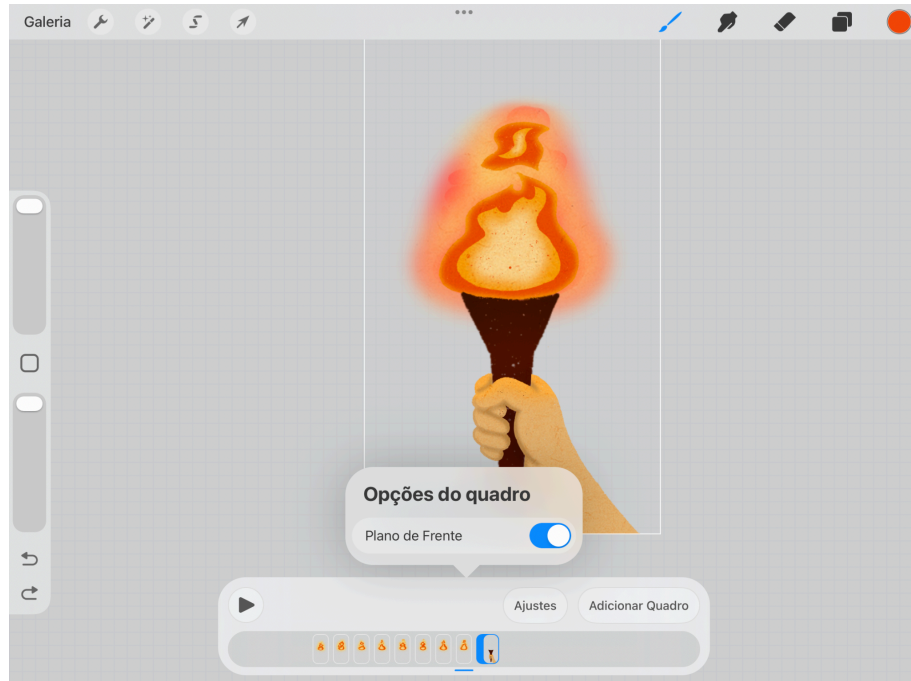
Figura 44 - Quadro a quadro da animação das estalagmites.



Fonte: Elaborado pela autora.

Um ativo que exigiu atenção particular foi a animação da tocha, elemento crucial para a ambientação do cenário ambientado no passado. Na construção de cada quadro, a base da tocha manteve-se estável, constituindo o denominado plano de frente (Figura 45), enquanto a chama foi desenhada para se contorcer e expandir antes de retornar à forma original. O resultado final compõe-se de 8 quadros sequenciais que se repetem em loop (Figura 46).

Figura 45 - Plano de frente da animação da tocha



Fonte: Elaborado pela autora.

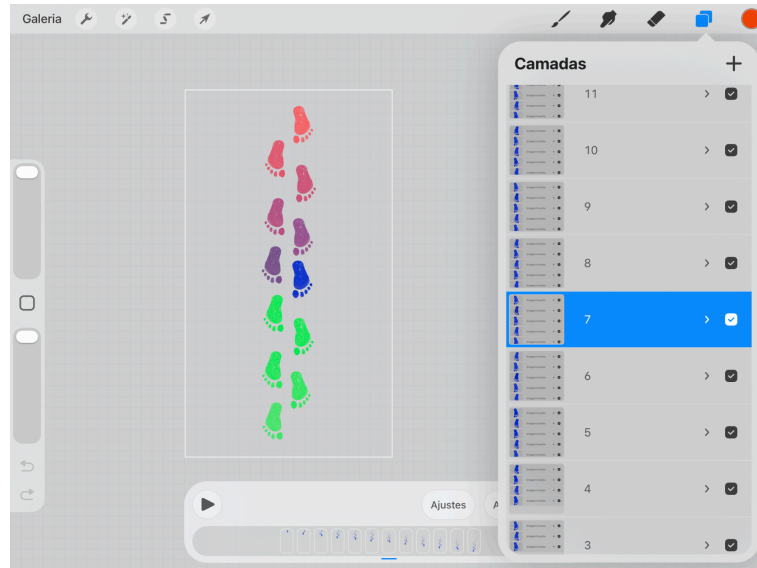
Figura 46 - Quadro a quadro da animação da tocha.



Fonte: Elaborado pela autora.

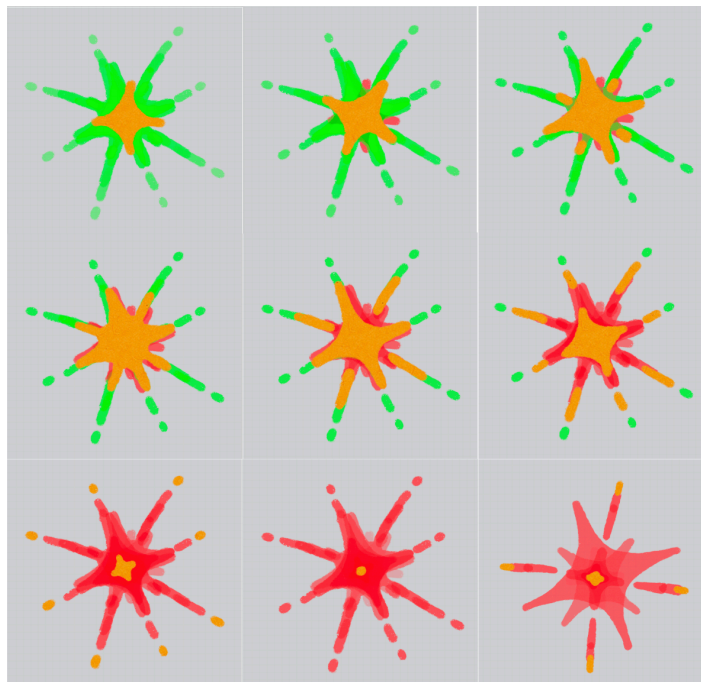
Ressalta-se que a metodologia produtiva detalhada neste tópico, fundamentada na ilustração quadro a quadro e na estruturação de loops, foi sistematizada e aplicada a todos os demais elementos dinâmicos do projeto. Nas Figuras 47 e 48 é apresentado um recorte dos resultados desse processo.

Figura 47 - Quadro a quadro da animação das pegadas



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 48 - Quadro a quadro da animação dos brilhos



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.5 Teste com usuários e avaliação

Concluída a etapa de produção das animações, procedeu-se à integração dos ativos visuais na plataforma *3DVista*, consolidando a primeira versão funcional do passeio virtual. Com o ambiente imersivo montado, o projeto avançou para a fase de validação, visando identificar gargalos de usabilidade e consistência narrativa.

A avaliação do protótipo ocorreu em uma reunião estratégica realizada na Assembleia Legislativa do Estado do Ceará (ALECE), contando com a participação de membros do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Figura 49).

Figura 49 - A avaliação do protótipo na ALECE



Fonte: Acervo do projeto (2025).

Durante a sessão de testes, observou-se uma divergência crítica na interação em diferentes dispositivos. A estratégia inicial de *affordance* baseava-se na ação de passar o mouse para revelar as animações ou destacar áreas clicáveis. Embora funcional em desktops, essa mecânica mostrou-se ineficaz em dispositivos com telas sensíveis ao toque, como tablets e smartphones, onde não existe o estado de cursor flutuante.

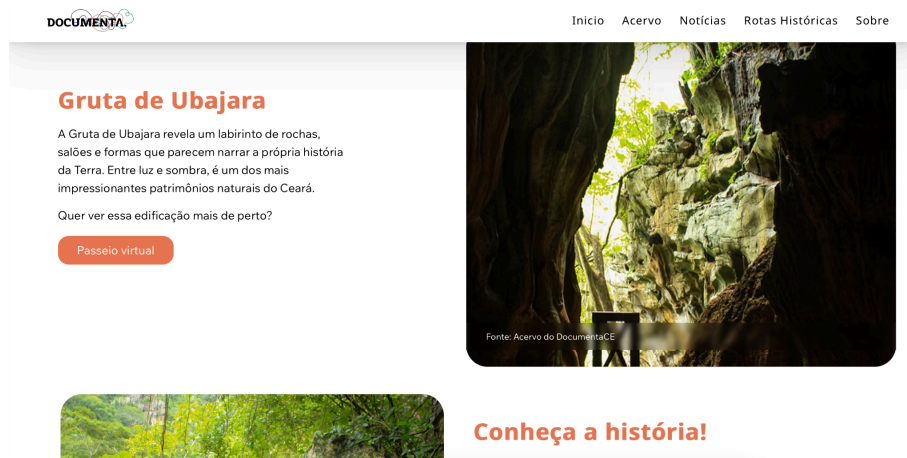
Essa limitação técnica comprometia a experiência do usuário móvel ou de telas touch presentes em espaços físicos da gruta. Diante dessa constatação, foram implementados ajustes específicos para a versão mobile.

Após essas iterações corretivas, obteve-se o protótipo final. A versão ajustada foi capaz de conciliar a validação institucional do ICMBio com os requisitos de usabilidade

multiplataforma, assegurando que a narrativa da Gruta de Ubajara fosse acessível e intuitiva tanto em computadores quanto em dispositivos móveis.

Com a validação técnica e institucional concluída, o passeio virtual foi oficialmente publicado, tornando-se um artefato de acesso público. O projeto encontra-se hospedado na plataforma DocumentaCE, integrando-se ao ecossistema de preservação digital do patrimônio cearense (Figura 50).

Figura 50 - Passeio virtual publicado na plataforma DocumentaCE.



Fonte: DocumentaCE²⁴.

5. RESULTADOS

O presente capítulo dedica-se à apresentação e análise dos resultados obtidos com o desenvolvimento do passeio virtual interativo da Gruta de Ubajara. A discussão a seguir busca validar as decisões projetuais descritas anteriormente, confrontando os artefatos visuais produzidos com a fundamentação teórica levantada. A análise concentra-se em como a animação, a interface e a estrutura de navegação atuaram conjuntamente para atender aos objetivos de mediação, imersão e engajamento propostos para o projeto.

Para complementar a análise estática e demonstrar a navegação proposta, disponibiliza-se um registro audiovisual da interação completa.²⁵

²⁴ Disponível em: <https://www.documentace.com/patrimonio-estrutural/gruta-de-ubajara>

²⁵ Vídeo demonstrativo do passeio virtual. Disponível em: <https://youtu.be/soUipNVivqg>. Acesso em: 19 jan. 2026.

5.1 A animação como ferramenta de mediação e narrativa

A aplicação das animações no passeio virtual cumpriu o papel de principal agente de mediação entre o ambiente físico (a gruta) e o conteúdo intangível (a lenda e a geologia). Se a fotogrametria foi responsável por ancorar o visitante na realidade, garantindo a verossimilhança do espaço, coube à animação 2D a função de expandir essa realidade.

Essa abordagem materializa a perspectiva de Ricca (2019) sobre o design como mediador de experiências, onde a intervenção visual transcende a função de ornamento puramente estético para construir pontes de entendimento. No projeto, isso se traduz em tornar visíveis camadas de informação que o olho nu não captaria em uma visita presencial.

Numa experiência presencial, o visitante está limitado ao tempo, ao espaço e à sua capacidade de observação. Ele não conseguiria, por exemplo, visualizar o lento processo de gotejamento que forma as estalagmites, um fenômeno milenar. Para solucionar isso, a animação sintetiza o tempo geológico em segundos. Da mesma forma, a formação rochosa que dá nome à Sala das Rosa poderia passar despercebida a um turista desatento. Nesse contexto, a animação atua como uma linguagem de tradução visual.

Elementos abstratos descritos na lenda de Ubajara ganharam forma através da ilustração. Conforme aponta Luz (2009), a animação digital em novos meios reconfigura conceitos tradicionais, permitindo que a narrativa visual guie a interpretação do usuário. Ao sobrepor os desenhos animados ao cenário fotorealista, criou-se uma dualidade intencional: o cenário estático representa o tempo presente e a materialidade da gruta, enquanto a ilustração animada representa a história, as lendas e a transformação geológica temporal.

Desta forma, os elementos animados constituíram a própria experiência narrativa. Sem eles, o passeio virtual seria apenas um registro documental; com eles, tornou-se uma contação de história interativa.

5.2 Experiência imersiva e interatividade no passeio virtual

A transposição da Gruta de Ubajara para o ambiente web impôs o desafio de construir uma experiência imersiva sem o isolamento sensorial característico do espaço físico. Para superar essa barreira e alcançar o que Bitgood (1990) define como imersão simulada, grau de envolvimento capaz de criar a sensação de lugar mesmo à distância, o projeto estruturou-se sob os pilares da motivação e da interatividade.

A estratégia central para garantir o engajamento fundamentou-se na Teoria da Autodeterminação (SDT), de Ryan e Deci (2000), aplicada de forma sistêmica à interface. A necessidade de autonomia, primeiramente, foi materializada através da navegação híbrida e do livre controle da câmera 360°, libertando o usuário das amarras de um vídeo linear e permitindo que ele dite seu próprio ritmo de exploração.

Simultaneamente, o projeto buscou fortalecer o sentimento de competência por meio das animações didáticas. Ao traduzirem as informações geológicas em uma linguagem visual acessível, esses recursos fazem com que o visitante se sinta apto a compreender o fenômeno científico, superando barreiras cognitivas. Essa experiência completa-se pelo senso de pertencimento, consolidado pela inserção das lendas e narrativas locais, que conectam emocionalmente o usuário à cultura da região para além de sua geografia física.

Essa estrutura permitiu que a tecnologia atuasse conforme defende Ricca (2019): não como um fim em si mesma, mas como ferramenta de mediação que transforma o museu virtual em um ambiente de construção de conhecimento, e não apenas um repositório de imagens.

Para operacionalizar essa mediação, o sistema de interface apoiou-se no conceito de *affordance* (Araujo; Vergara, 2019). Em um ambiente virtual escuro e complexo como o da gruta, seria fácil para o usuário perder o interesse por não saber onde interagir, então foi necessário criar códigos visuais que diferenciam o cenário ou uma ilustração estática dos elementos interativos.

A solução projetual consistiu na implementação de estados de resposta ao cursor, organizando o feedback visual em duas categorias de comportamento.

A primeira categoria utiliza a luminosidade como código de interação. A mesma lógica aplicada à Rosa, que emite um brilho azulado ao contato do mouse, foi replicada nos ícones da coleção e nos botões da interface. Essa padronização facilita o aprendizado do usuário: sempre que um elemento se ilumina, ele é clicável. A Figura 51 demonstra esse efeito nos ícones coletados, onde o brilho convida o usuário a rever as informações, enquanto a Figura 52 detalha o mesmo mecanismo aplicado aos botões de navegação.

Figura 51 - *Affordance* aplicado ao painel de ícones coletados



Fonte: Protótipo (2026)²⁶

Figura 52 - *Affordance* aplicado aos botões de navegação



Fonte: Protótipo (2026)²⁷

A segunda categoria de *feedback* aposta no movimento como linguagem de atração, reduzindo a dependência cognitiva de instruções textuais. O exemplo inaugural dessa mecânica ocorre na etapa de equipagem da lanterna. Embora o sistema apresente legendas orientadoras, a compreensão da tarefa é garantida primordialmente pela via visual: o ícone pisca para indicar sua disponibilidade e, em resposta à aproximação do cursor, realiza um movimento de pulsar que convida o usuário a equipá-lo.

²⁶ Disponível em: <<https://repositoriodocumentace.com/interação-gruta/index.htm>>. Acesso em: 09 jan. 2026.

²⁷ Disponível em: <<https://repositoriodocumentace.com/interação-gruta/index.htm>>. Acesso em: 09 jan. 2026.

Essa mesma lógica dinâmica repete-se nos potes de barro, que funcionam como gatilhos para as descobertas arqueológicas. O mapa contido no objeto, inicialmente estático, agita-se com o *hover* do *mouse*. Em ambos os casos, a animação atua comunicando a função e a interatividade do elemento.

Essas animações cumprem a dupla função de ergonomia cognitiva e recompensa visual. Ao clicar no ponto iluminado, o sistema oferece o que Bitgood (1990) denomina de *feedback ambiental*: uma resposta imediata que confirma a ação do usuário e revela o conteúdo.

Esse ciclo de ação e resposta é o que sustenta a motivação intrínseca descrita por Csikszentmihalyi e Hermanson (1995). Ao transformar a visita em um desafio equilibrado, onde a curiosidade de explorar é recompensada pela compreensão facilitada da animação, o projeto mitigou a passividade inerente à tela do computador. O visitante deixa de ser um espectador distante para tornar-se o agente ativo da descoberta, validando a premissa de que a interatividade bem planejada é a chave para a imersão em ambientes de patrimônio digital.

5.3 Reflexões sobre o processo, limitações e desafios

Apesar dos resultados positivos na validação da proposta, o desenvolvimento do protótipo evidenciou desafios inerentes à integração entre a técnica de animação e a plataforma *3DVista*. Uma das principais limitações observadas refere-se ao equilíbrio entre a qualidade visual e a performance técnica. Além disso, os arquivos demandaram ajustes de proporção e escala. Foi necessário redimensionar cada sequência animada para adequá-la à sua área real de exibição na interface.

Outro ponto de reflexão recai sobre a acessibilidade. Embora o projeto utilize a animação para superar barreiras cognitivas e de linguagem, a experiência atual ainda é predominantemente visual. Futuras iterações do projeto poderiam beneficiar-se da inclusão de audiodescrição sincronizada com as animações e legendas expandidas, ampliando o alcance do acervo para públicos com deficiência visual.

A escolha pela animação quadro a quadro impôs ao projeto uma temporalidade expandida, onde o processo de ilustrar demandou paciência e imersão na natureza do fazer artístico. Ao lidar com a morosidade desse processo quase artesanal dentro de um cronograma acadêmico, tornou-se imperativo compreender o conceito de inacabamento intrínseco proposto por Salles (2006, p. 13):

Estamos falando do inacabamento intrínseco a todos os processos, em outras palavras, o inacabamento que olha para todos os objetos de nosso interesse [...] como uma possível versão daquilo que pode vir a ser ainda modificado. Tomando a continuidade do processo e a incompletude que lhe é inerente, há sempre uma diferença entre aquilo que se concretiza e o projeto do artista que está por ser realizado.

Trata-se aqui da consciência de que todo objeto artístico, incluindo este passeio virtual, é, em essência, uma versão possível daquilo que poderia vir a ser (Salles, 2006). Durante a produção, a busca pela precisão absoluta muitas vezes colidiu com a fluidez do tempo e da técnica. Nesse contexto, a teoria de Salles (2006, p 14) serviu como alicerce para aceitar que, onde há variação contínua, a obra idealizada é inatingível:

O artista lida com sua obra em estado de contínuo inacabamento, o que é experienciado como insatisfação. No entanto, a incompletude traz consigo também valor dinâmico, na medida em que gera busca que se materializa nesse processo aproximativo, na construção de uma obra específica e na criação de outras obras, mais outras e mais outras. O objeto dito acabado pertence, portanto, a um processo inacabado. Não se trata de uma desvalorização da obra entregue ao público, mas da dessacralização dessa como final e única forma possível.

Sob essa ótica, a insatisfação vivenciada no refinamento do protótipo constituiu o próprio motor do processo criativo, ressignificando as dificuldades como impulsos para a inovação. O produto apresentado no DocumentaCE materializa o recorte de um fluxo contínuo, apresentando-se como uma etapa de uma trajetória maior. Assim, o objeto entregue ao público preserva sua natureza processual; sua incompletude, longe de ser uma falha, é o que impulsionou a busca, o aprendizado e a construção desta narrativa entre as diversas possibilidades exploradas.

O resultado final, contudo, valida o esforço: a estética híbrida alcançada confere ao DocumentaCE uma identidade visual única, diferenciando-o dos passeios virtuais convencionais e reafirmando o papel do Design na valorização do patrimônio cearense.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os objetivos traçados para este trabalho foram atingidos com êxito. A validação do protótipo demonstrou que a integração entre fotogrametria e animação 2D revelou-se não apenas tecnicamente viável, mas também essencial para a construção de uma narrativa envolvente. As ilustrações e animações no passeio virtual da Gruta de Ubajara

cumpriram sua função de mediação, transformando informações geológicas e lendas intangíveis em uma experiência visual acessível e instigante.

O percurso de desenvolvimento revelou-se tão desafiador quanto enriquecedor. A opção pela animação quadro a quadro exigiu um mergulho profundo no fazer artístico, preenchendo lacunas de aprendizado técnico sobre otimização para web e design de interfaces imersivas. A investigação evidenciou o papel do Design na interseção de diferentes saberes, geologia, história e tecnologia.

Os resultados deste trabalho apresentam vários desdobramentos possíveis. Vislumbra-se o aprimoramento da acessibilidade com a inclusão de audiodescrição, a expansão da metodologia para outros sítios do patrimônio cearense, além da participação em editais de cultura e mostras de design interativo. Mais do que um produto final, o projeto revela o potencial das tecnologias imersivas para resgatar e valorizar a cultura local, impulsionando o turismo virtual e a educação patrimonial.

Além disso, a pesquisa reforça a importância de superar a visão da tecnologia como fim em si mesma. O uso da ilustração provou que é possível criar ambientes digitais que respiram e dialogam com a sensibilidade humana, evitando a frieza comum aos tours virtuais convencionais.

Como designer, busco através deste projeto colocar em foco a memória e a identidade do Ceará. Acredito que criar soluções significativas implica em construir pontes entre o passado ancestral e as ferramentas do futuro, garantindo que o patrimônio continue vivo, dinâmico e, acima de tudo, visitável por qualquer pessoa, em qualquer lugar.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Bebel. **Expografia brasileira contemporânea: Rio São Francisco navegado por Ronaldo Fraga**. 2014. Dissertação (Mestrado em Projeto, Espaço e Cultura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- ALBERTO, Lucena Junior. **Arte da animação: técnica e estética através da história**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2019.
- AMBIENTE BRASIL. **Ubajara - CE**. Portal Ambientes, [s.d.]. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/ecoturismo/destinos/ubajara_-_ce.
- BALTAZAR, Ana Paula; CABRAL FILHO, José dos Santos. Magia além da ignorância: virtualizando a caixa preta. **FAD-Festival de Arte Digital**, p. 12-18, Belo Horizonte: Instituto Cidades Criativas, 2010.
- BENDAZZI, Giannalberto. **Cartoons: One Hundred Years of Cinema Animation**. EUA: Indiana University Press, 1995.
- BITGOOD, Stephen. **The role of simulated immersion in exhibition**. Jacksonville: Center for Social Design, 1990.
- BOELTER, Valéria. **Design de Exposição na Arte e Tecnologia Digital: uma prática em construção**. Estudos em Design, v. 24, n. 3, 2016.
- BOMFIM, Gustavo A. **Metodologia para desenvolvimento de projetos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1995.
- BORGES, Luiz Antonio Dias. História da animação: uso da técnica e estética. **Revista Livre de Cinema**, v. 6, n. 2, p. 63-82, mai -ago, 2019. Disponível em: <<https://www.relici.org.br/index.php/relici/article/view/220>>. Acesso em: 20 fev. 2025.
- BÜRDEK, Bernhard E. **Introdução à Metodologia do Design. In: História, teoria e prática do design de produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1975.
- CHOLODENKO, Alan. A Animação do Cinema. **Galáxia: revista transdisciplinar de comunicação, semiótica, cultura** / Programa de Estudos Pós-Graduados em Comunicação e Semiótica da PUC-SP. – n. 34 (jan-abr 2017). – São Paulo: PUC-SP – EDUC, 2017. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/galaxia/article/view/29575>>. Acesso em: 20 fev. 2025.
- CURY, Marília Xavier. **Exposição: concepção, montagem e avaliação**. São Paulo: Annablume, 2005.
- DE FREITAS, Ranielder Fábio; COUTINHO, Solange Galvão; DA NÓBREGA WAECHTER, Hans. Análise de Metodologias em Design: a informação tratada por diferentes olhares. **Estudos em design**, v. 21, n. 1, 2013.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Parque Nacional de Ubajara: tudo o que você precisa saber antes de ir.** Diário do Nordeste, 2024. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/estilo-de-vida/viagem/parque-nacional-de-ubajar-a-tudo-o-que-voce-precisa-saber-antes-de-ir-1.3552329>.

ENTRE PARQUES BR. **Parque Nacional de Ubajara.** Entre Parques Brasil, [s.d.]. Disponível em: <https://entreparkesbr.com.br/ubajara/>.

FÓSSEIS do Cariri. **MIS Museu da Imagem e do Som Chico Albuquerque**, 2025. Disponível em: <<https://mis-ce.org.br/exposicoes/fosseis-do-cariri>>. Acesso em: 03 fev. 2025.

FRAYLING, Christopher. **Research in Art and Design.** London: Royal College of Art, 1993.
GIBSON, J. J. **The Ecological Approach to Visual Perception.** Houghton Mifflin, 1979.

GOMES, Andréia Prieto. História da animação brasileira. **Cena: Centro de análise do cinema e do audiovisual**, 2008.

GONÇALVES, Lisbeth Rebollo. **Entre cenografias – O museu e a exposição de arte no século XX.** São Paulo: Edusp, 2004.

ICMBIO. **Atributos Naturais: Parque Nacional de Ubajara.** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, [s.d.]. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnaubajara/atributos-naturais>.

KERLOW, Isaac. **The Art of 3D Computer Animation and Effects.** 4. ed. EUA: Willey, 2009.

KRASNER, Jon. **Motion Graphic Design and Fine Art Animation: Principles and Practice.** EUA: Focal Press, 2004

LUZ, Filipe Costa. **Animação digital: reflexos dos novos medias nos conceitos tradicionais de animação.** In: VIII Congresso LUSOCOM. Lisboa. 2009.

MOJANG STUDIOS. **Minecraft.** Versão Java Edition. Estocolmo: Mojang, 2011. Jogo eletrônico.

MUSED. **Tomb of Ramesses I.** [S.l.], [s.d.]. Tour virtual 3D. Disponível em: <<https://mused.com/tours/730/tomb-of-ramesses-i/>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

MÜLLING, Tobias Tessmann. **DESIGN EXPERIENCIAL, DA TEORIA A PRÁXIS: RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO DE HIPERMÍDIAS EXPERIENCIAIS.** Florianópolis: 2010. Projeto de Dissertação (Mestrado em Design e Expressão Gráfica) – Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica, UFSC, 2010.

NIELSEN, Jakob. **Usability engineering.** Morgan Kaufmann, 1994.

NORMAN, Donald A. **Affordance, conventions, and design.** Interactions, New York, v. 6, n. 3, p. 38-43, maio/jun. 1999.

NOW BOARDING. **Ubajara: um parque com cavernas, trilhas e lendas.** Now Boarding, 2022. Disponível em: <https://nowboarding.com.br/ubajara-um-parque-com-cavernas-trilhas-e-lendas/>.

NYKO, Diego; ZENDRON, Patricia. **O mercado consumidor de animação no Brasil.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, v. 25, n. 49, p. 7-27, mar. 2019.

PROCREATE. **Animation Settings: Onion Skinning.** Disponível em: <https://help.procreate.com/procreate/handbook/animation/animation-settings>. Acesso em: 09 jan. 2026.

RICCA, Diego Enéas Peres. **Artefatos tecnológicos digitais interativos: estratégias projetuais para fomento da mediação de conteúdo em museus.** 2019. Dissertação (Mestrado em Design) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. doi:10.11606/D.16.2019.tde-03092019-103947.

RICCA, Diego. **Tear da experiência: design baseado na atenção para a educação cotidiana em Realidade Estendida.** 2023. Tese (Doutorado em Design) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. doi:10.11606/T.16.2023.tde-05112024-104933.

SALLES, Cecilia Almeida. **Redes da criação: construção da obra de arte.** Vinhedo: Horizonte, 2006.

SCHÖN, Donald A. **The reflective practitioner: how professionals think in action.** New York: Basic Books, 1983.

SHEDROFF, Nathan. **Information Interaction Design: A Unified Field Theory of Design.** 1994.

SOUZA, Lucas Fabrizzio Laquimia de. **A cenografia e as megaexposições do século XXI.** 2012. Dissertação (Mestrado em Teoria e Prática do Teatro) - Escola de Comunicações e Artes, University of São Paulo, São Paulo, 2012.

UBAJARA.COM.BR. **História de Ubajara.** Portal Ubajara, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ubajara.com.br/historia/>.

UNESCO. **Carta sobre a preservação do patrimônio arquivístico digital.** Paris: UNESCO, 2003. Disponível em: https://www.gov.br/conarq/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/conarq_carta_preservacao_patrimonio_arquivistico_digital.pdf. Acesso em: 07 jan. 2026.

WEBSTER, Chris. **Animation: The Mechanics of Motion.** New York: Focal Press, 2005.

_____. **SuperUber — Museu do Amanhã – Direção de Tecnologia.** Disponível em: <https://www.superuber.com.br/museu-do-amanha-2/>. Acesso em: 25 fev. 2025.