

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MÚSICA EM CONTEXTO

LUCAS CALADO JOFILSAN

**MÚSICA INFINITA PARA CENÁRIOS INFINITOS NO CONTEXTO DOS  
VIDEOGAMES: A CRIAÇÃO DE UM SISTEMA DE COMPOSIÇÃO MUSICAL  
QUE PROMOVA A INTEGRAÇÃO ENTRE ALGORITMOS, GAME ARTE E  
INTERATIVIDADE**

Brasília

2024

LUCAS CALADO JOFILLSAN

**MÚSICA INFINITA PARA CENÁRIOS INFINITOS NO CONTEXTO DOS  
VIDEOGAMES: A CRIAÇÃO DE UM SISTEMA DE COMPOSIÇÃO MUSICAL  
QUE PROMOVA A INTEGRAÇÃO ENTRE ALGORITMOS, GAME ARTE E  
INTERATIVIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Música em Contexto do Departamento de Música, Instituto de Artes da Universidade de Brasília para obtenção do grau de Mestre em Música.

Linha de Pesquisa: Processo de Criação em Música

Orientador: Antenor Ferreira Corrêa

BRASÍLIA

2024

Ficha catalográfica: elaborada pela BCE

Será impressa no verso da folha de rosto e não deverá ser contada.



**Universidade de Brasília**  
**Departamento de Música**  
**Programa de Pós-Graduação Música em Contexto**

Dissertação intitulada *Música Infinita para Cenários Infinitos no Contexto dos Videogames: A Criação de Um Sistema de Composição Musical que Promova a Integração Entre Algoritmos, Game Arte e Interatividade*, de autoria de Lucas Calado Jofilsan, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Antenor Ferreira Corrêa (orientador)  
Universidade de Brasília - UnB

---

Prof. Dr. Carla Denise Castanho  
Universidade de Brasília - UnB

---

Prof. Dr. Tiago Barros Pontes e Silva  
Universidade de Brasília - UnB

---

Prof. Dr. Sergio Nogueira Mendes  
Universidade de Brasília - UnB

Data de aprovação: Brasília, 10 de outubro de 2024  
Campus Darcy Ribeiro – Brasília, DF – 70.910-000 - Brasil - Tel.: (61) 3107-1113

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a presente dissertação à minha irmã, à minha mãe e aos meus amigos que estiveram próximos e me apoiaram em momentos importantes da minha vida, permitindo-me, assim, realizar o presente mestrado. A pesquisa descrita nesse documento surge, então, da minha interação e imersão em temas que significam muito para mim. Entretanto, quanto mais nos tornamos introspectivos e focados em resolver nossos problemas, mais atribuições sobram para quem está ao nosso lado. Por isso, é sempre importante lembrar que nunca fazemos nada sozinhos.

Muito obrigado a Maria, Jade, Leomar, Lourdes, Henry, Telma, Leila, Ana, Leo e Lucas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao professor Dr. Antenor Ferreira Corrêa por todos os ensinamentos compartilhados durante o mestrado. Sua confiança em minhas habilidades foi essencial para que eu alcançasse resultados satisfatórios na pesquisa, contribuindo de forma significativa para meu crescimento e amadurecimento como pesquisador.

Minha gratidão também à professora Dra. Delmary Vasconcelos de Abreu pelo apoio constante no Programa de Pós-Graduação em Música (PPGMUS). A convivência com a senhora proporcionou um aprendizado único: compreender um pouco como a dedicação a algo nobre pode ser um esforço árduo, mas, ao mesmo tempo, capaz de transformar positivamente a vida de quem está ao redor. Acompanhei de perto o crescimento do nosso programa, resultado de seus esforços incansáveis.

Expresso meus sinceros agradecimentos à banca de defesa, composta pela professora Dra. Carla Denise Castano e pelo professor Dr. Tiago Barros Pontes e Silva, pelo apoio, críticas construtivas e direcionamentos oferecidos à minha pesquisa. Agradeço pelo cuidado e sensibilidade na avaliação e sugestões de melhorias ao meu trabalho. Suas contribuições foram fundamentais para a finalização desta dissertação.

Gostaria de registrar ainda minha gratidão ao professor Dr. Flávio Santos Pereira pelo apoio e orientação, que foram cruciais para que eu direcionasse a pesquisa de forma mais precisa, minimizando erros. Agradeço também ao professor Dr. Sérgio Nogueira Mendes pelo incentivo durante o processo de ingresso ao mestrado, apoio que foi essencial naquele momento.

Por fim, agradeço aos professores Dr. Paulo Roberto Affonso Marins, Dr. Ricardo José Dourado Freire e à professora Dra. Tânia Cristina da Silva Cruz pelos valiosos momentos de discussão e reflexão. Estes encontros permanecem marcados pela generosidade e humildade que os senhores(as) sempre demonstraram.

## RESUMO

A presente pesquisa objetivou criar um sistema de composição musical com qualidades generativas, integrando game arte, design de jogos e criação algorítmica no processo de criação ou modificação de cenários 2D para videogames. Para isso, realizou-se uma ampla revisão de literatura, abrangendo elementos de música computacional, música para videogames e processos técnicos de criação musical na indústria de software. A seguir, foram desenvolvidas duas ferramentas para análise, gestão e avaliação de sistemas musicais procedurais: o Protocolo de Auxílio à Tomada de Decisão e o Sistema de Análise de Recorrência e Espacialidade em áudios dinâmicos. As ferramentas criadas foram integradas ao modelo composicional e, posteriormente, testadas em um protótipo de jogo digital concebido no âmbito da pesquisa com o intuito de permitir a experimentação dos procedimentos desenvolvidos. O conceito-chave abordado na concepção de músicas com qualidades generativas para videogames foi o de "design de mudança" em um ambiente virtual. Adicionalmente, fez-se uso da inferência causal para o controle desses processos, permitindo maior previsibilidade sobre as composições implementadas com qualidades generativas em jogos digitais. Como resultado, demonstrou-se que qualidades generativas podem surgir a partir da interação simultânea de vários sistemas procedurais em um ambiente virtual. Conclui-se, ainda, que uma visão integrada, que leve em consideração elementos artísticos, programação algorítmica e interatividade, pode contribuir para uma melhor compreensão da construção musical para videogames com qualidades generativas.

**Palavras-chave:** design de mudança. música generativa, música criada e adaptada para videogame. Design integrado.

## ABSTRACT

The goal of this research was to create a music composition system with generative qualities, integrating game art, game design and algorithmic creation in the process of creating or modifying 2D scenarios for video games. To this end, a comprehensive literature review was conducted, covering elements of computer music, music for videogames and technical processes of music creation in the software industry. Following, two tools for analysis, management, and evaluation of procedural music systems were developed: the Decision-Making Aid Protocol and the Recurrence and Spatiality Analysis System in dynamic audios. The tools created were integrated into the compositional model and, later, tested in a digital game prototype designed within the context of the research with the aim of allowing experimentation of the developed procedures. The key concept addressed in the conception of music with generative qualities for videogames was that of "changing design" in a virtual environment. Additionally, causal inference was used to control these processes, allowing greater predictability over the compositions implemented with generative qualities in digital games. As a result, it was demonstrated that generative qualities can arise from the simultaneous interaction of several procedural systems in a virtual environment. It is also concluded that an integrated approach, which takes into account artistic elements, algorithmic programming, and interactivity, can contribute to a better understanding of musical construction for videogames with generative qualities.

**Keywords:** design of change, generative music, music created and adapted for video games, integrated design.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo crear un sistema de composición musical con cualidades generativas, integrando arte de videojuegos, diseño de juegos y creación algorítmica en el proceso de creación o modificación de escenarios 2D para videojuegos. Para ello, se realizó una amplia revisión de la literatura, abarcando elementos de música computacional, música para videojuegos y procesos técnicos de creación musical en la industria del software. A continuación, se desarrollaron dos herramientas para el análisis, gestión y evaluación de sistemas musicales procedurales: el Protocolo de Apoyo para la Toma de Decisiones y el Sistema de Análisis de Recurrencia y Espacialidad en audios dinámicos. Las herramientas creadas fueron integradas al modelo composicional y, posteriormente, probadas en un prototipo de juego digital concebido en el marco de la investigación con el objetivo de permitir la experimentación de los procedimientos desarrollados. El concepto clave abordado en la concepción de músicas con cualidades generativas para videojuegos fue el de "diseño de cambio" en un entorno virtual. Adicionalmente, se hizo uso de la inferencia causal para el control de estos procesos, lo que permitió una mayor previsibilidad sobre las composiciones implementadas con cualidades generativas en juegos digitales. Como resultado, se demostró que las cualidades generativas pueden surgir de la interacción simultánea de varios sistemas procedurales en un entorno virtual. Además, se concluye que una visión integrada, que tenga en cuenta elementos artísticos, programación algorítmica e interactividad, puede contribuir a una mejor comprensión de la construcción musical para videojuegos con cualidades generativas.

**Palabras clave:** diseño de cambio, música generativa, música creada y adaptada para videojuegos, diseño integrado.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Captura da tela do jogo Arkanoid (fonte: <i>youtube</i> ).....	33
Figura 2 – Captura da tela do código ( <i>script</i> ) de um clone do jogo Arkanoid escrito em GML .....	34
Figura 3 – Captura de tela da busca realizada no <i>Google Scholar</i> mostrando 1430 resultados para o termo “algoritmo”, em relação com a música, somente em janeiro de 2024.....	45
Figura 4 – Sentido proposto por Maurice Conti para a computação intuitiva.....	58
Figura 5 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #1 (00:00).....	75
Figura 6 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #2 (00:00).....	75
Figura 7 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #3 (00:00).....	75
Figura 8 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #1 (00:23).....	76
Figura 9 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #2 (00:16).....	77
Figura 10 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #3 (00:12).....	77
Figura 11 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #1 (02:37).....	78
Figura 12 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #2 (02:37).....	79
Figura 13 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #3 (02:37).....	79
Figura 14 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #1 (05:00).....	80
Figura 15 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #2 (05:00).....	80
Figura 16 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #3 (05:00).....	81

Figura 17 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #1 (09:25).....	82
Figura 18 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #2 (09:25).....	82
Figura 19 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #3 (09:25).....	82
Figura 20 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #1 (15:35).....	84
Figura 21 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #2 (15:35).....	84
Figura 22 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #3 (15:35).....	85
Figura 23 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #1 (32:44).....	86
Figura 24 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #2 (32:44).....	86
Figura 25 – Captura de tela do <i>gameplay</i> #3 (32:44).....	87
Figura 26 – <i>Framework</i> do Modelo de Tomada de Decisões 1 (fonte: confecção própria).....	108
Figura 27 – <i>Framework</i> do Modelo de Tomada de Decisões 2 (fonte: confecção própria).....	109
Figura 28 – Captura de tela do jogo Dead Cells mostrando uma estrutura de jogos do gênero plataforma (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	123
Figura 29 – Captura de tela comparando o visual dos jogos No Man's Sky e Super Mario World (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	124
Figura 30 – Tétrade do game design (fonte: A Arte do Game Design (2016, p. 51)).....	125
Figura 31 – Captura de tela do jogo Super Mario World (fonte: capturado da versão emulada na plataforma <i>Steam</i> ).....	128
Figura 32 – Captura de tela do jogo Hades (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	131

Figura 33 – Captura de tela do jogo Civilization VI (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	132
Figura 34 – Captura de tela do jogo Dead Cells exibindo os diferentes tipos de representações visuais dos cenários que o jogo apresenta (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	137
Figura 35 – Conjunto de tiles do jogo The Legend of Zelda: A Link to the Past (fonte: retirado da internet).....	139
Figura 36 – Captura de tela do jogo No Man's Sky (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	140
Figura 37 – Captura de tela do jogo No Man's Sky (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	141
Figura 38 – Captura de tela do jogo No Man's Sky (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	141
Figura 39 – Captura de tela do jogo No Man's Sky (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	142
Figura 40 – Captura de tela da promoção de jogos com rejogabilidade infinita (fonte: <i>Steam</i> ).....	143
Figura 41 – <i>Framework</i> que mostra os três níveis de interação do Sistema Integrado de Criação Musical Para Jogos Com Qualidades Generativas (fonte: Confecção própria).....	152
Figura 42 – <i>Framework</i> do Sistema Integrado de Criação Musical Para Jogos Com Qualidades Generativas (fonte: confecção própria).....	154
Figura 43 – Captura de tela do jogo Gris (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	159

Figura 44 – Captura de tela do jogo Gris (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	161
Figura 45 – Captura de tela do jogo Life is Strange (fonte: capturado da versão presente na plataforma <i>Steam</i> ).....	165
Figura 46 – Captura de tela da página do álbum com a trilha sonora do jogo Final Fantasy VI (fonte: <i>Youtube Music</i> ).....	168
Figura 47 – Captura de tela do protótipo 1 (fonte: confecção própria).....	172
Figura 48 – Captura de tela da representação do objeto objFliper01 no <i>software GameMaker Studio 2</i> .....	173
Figura 49 – Captura de tela da representação do sprite sprFliper01 no <i>software GameMaker Studio 2</i> .....	174
Figura 50 – Captura de tela da representação da criação do objeto emissor de som no <i>software GameMaker Studio 2</i> .....	176
Figura 51– Captura de tela da representação da criação do objeto emissor de som no <i>software GameMaker Studio 2</i> .....	177
Figura 52 – Captura de tela do protótipo 1 mostrando a distância entre os objetos emissores de som e o objeto controlado pelo jogador (fonte: confecção própria).....	182
Figura 53 – Captura de tela do protótipo 2 (fonte: confecção própria).....	189
Figura 54 – Captura de tela do protótipo 2 a representação visual da amplitude sonora (fonte: confecção própria).....	190
Figura 55 – Captura de tela do protótipo 2 mostrando o sistema de escolha implementado (fonte: confecção própria).....	191
Figura 56 – Captura de tela do protótipo 2 apresentando o resultado visual número 1 (fonte: confecção própria).....	193

Figura 57 – Captura de tela do protótipo 2 apresentando o resultado visual número 2 (fonte: confecção própria).....	194
Figura 58 – Captura de tela do protótipo 2 apresentando o resultado visual número 3 (fonte: confecção própria).....	195
Figura 59 – Captura de tela do protótipo 2 Captura de tela do protótipo 2 apresentando o resultado visual número 4 (fonte: confecção própria).....	196
Figura 60 – Síntese dos procedimentos e conceituações propostos na presente dissertação (Fonte: elaboração própria).....	201

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Demonstrativo dos resultados de busca para o descritor “música generativa”, classificados por idiomas e em dois períodos, seguido da porcentagem do total na área dos videogames.....54

Gráfico 1 – Gráfico 01: Perfil quantitativo, por décadas, dos resultados de busca no Google Acadêmico, restrita ao idioma inglês, para o descritor “*computer music*” usado no título dos trabalhos.....48

Gráfico 2 – Resultado da busca com o descritor “*informatique musicale*” (3770 resultados) indicando uma concentração (3100) de publicações a partir do ano 2000.....48

Gráfico 3 – Perfil quantitativo, por décadas, a partir de 1960, dos 32 resultados de busca utilizando-se o descritor “*musique et ordinateur*” .....49

Gráfico 4 – Resultados da busca com o descritor “*procedural composition*” (sem restrição de idioma) indicando intensificação de publicações a partir do ano 2000.....52

Gráfico 5 – Perfil quantitativo, por décadas, dos 3450 resultados de busca limitada ao idioma inglês utilizando-se o descritor “*generative music*” .....55

Gráfico 6 – Perfil quantitativo dos 678 resultados para a busca, em qualquer idioma, com o descritor “*musical metacreation*”. Não há resultados para o período anterior ao ano 2006.....61

Gráfico 7 – Representação visual da distância em pixel entre o objeto controlado pelo jogador e o objeto emissor do som (na vertical) em relação ao tempo do *gameplay* (na horizontal).....183

Gráfico 8 – Representação visual da distância em *pixel* entre o objeto controlado pelo jogador e os objetos emissores de som (na vertical) em relação ao tempo do *gameplay* (na horizontal).....184

Gráfico 9 – Representação visual da distância em pixel entre o objeto controlado pelo jogador e os objetos emissores de som (na vertical) em relação ao tempo do *gameplay* (na horizontal).....184

Gráfico 10 – Representação visual da distância em *pixel* entre o objeto controlado pelo jogador e os objetos emissores de som (na vertical) em relação ao tempo do *gameplay* (na horizontal).....185

Gráfico 11 – Representação visual da distância em *pixel* entre o objeto controlado pelo jogador e os objetos emissores de som (na vertical) em relação ao tempo do *gameplay* (na horizontal).....186

Gráfico 12 – Representação visual da distância em *pixel* entre o objeto controlado pelo jogador e os objetos emissores de som (na vertical) em relação ao tempo do *gameplay* (na horizontal).....186

Gráfico 13 – Representação visual da distância em *pixel* entre o objeto controlado pelo jogador e os objetos emissores de som (na vertical) em relação ao tempo do *gameplay* (na horizontal).....187

Gráfico 14 – Representação visual da distância em pixel entre o objeto controlado pelo jogador e os objetos emissores de som (na vertical) em relação ao tempo do <i>gameplay</i> (na horizontal).....	188
--	-----

**LISTA DE ABREVIATURAS**

GML	–	GAMEMAKER LANGUAGE
DAW	–	DIGITAL AUDIO WORKSTATION
IMS	–	SISTEMAS MUSICAIS INTERATIVOS
MIT	–	MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
G-art	–	GENERATIVE ART
CG-art	–	ARTE GENERATIVA COMPUTACIONAL
MuMe	–	MUSICAL METACREATION
PCG	–	PROCEDURAL CONTENT GENERATION
NPC	–	NON-PLAYABLE CHARACTER
VS	–	VIRTUAL SOUND
CCC	–	COCRIAÇÃO COMPUTACIONAL
CC	–	CRIATIVIDADE COMPUTACIONAL
GDD	–	GAME DESIGN DOCUMENT
PATD	–	PROTOCOLO DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO
SMI	–	INTERACTIVE MUSIC SYSTEMS
SXSW	–	SOUTH BY SOUTHWEST

## Sumário

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
RESUMEN .....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	xv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xviii
<b>Introdução.....</b>	<b>22</b>
<b>Inteligência artificial e cocriação computacional como mediadores no processo criativo</b> .....	<b>25</b>
<b>Relações causais, correlacionais em ambientes imersivos interativos .....</b>	<b>28</b>
<b>Elementos estruturais e conceituais .....</b>	<b>30</b>
<b>Algoritmos, arte e interatividade (Caso Arkanoyd).....</b>	<b>31</b>
<b>Estrutura da dissertação .....</b>	<b>34</b>
Objetivo geral: .....	35
<b>Capítulo 1 - Breve panorama dos usos, desusos e reúsos dos termos algoritmo, generativo, procedural e metacriativo: Proposição de uma diacronia para as terminologias associadas à música computacional .....</b>	<b>37</b>
1.1 Procedimento metodológico do capítulo 1.....	41
1.2 Observações preliminares .....	44
1.3 Décadas de 1960 e 1980: “Um computador é capaz de compor uma música?” .....	48
1.4 De 1990-2010: O computador pode ser criativo?.....	51
1.5 A partir de 2010: Cognição expandida.....	57
1.6 Considerações sobre o capítulo.....	60
<b>Capítulo 2 - Recorrência e espacialidade em videogames: A construção de um procedimento de categorização de áudio dinâmicos em videogames.....</b>	<b>64</b>
2.1 Notas introdutórias do capítulo .....	64
2.2 Apontamentos sobre uma música criada e adaptada para videogames.....	65
2.3. Análise da recorrência e espacialidade no áudio dinâmico.....	71
2.4 Kingdom: New Land; a análise .....	73
2.5 Reflexões sobre a análise do game Kingdom: New Land .....	88

2.6 Considerações sobre o procedimento de categorização .....	89
<b>Capítulo 3 - A proposição de um protocolo de auxílio para tomada de decisão na criação de trilhas sonoras com qualidades generativas para videogames .....</b>	<b>90</b>
3.1 Notas introdutórias do capítulo .....	90
3.2 Proposição de um modelo de tomada de decisão .....	90
3.3 Procedimentos metodológicos.....	92
3.4 Cocriatividade e novas relações na criação musical .....	93
3.5 Construindo visões emergentes .....	95
3.6 A Perspectiva do design.....	97
3.7 Prototipagem e gestão .....	100
3.8 A Proposição de um protocolo de auxílio à tomada de decisão .....	106
3.9 Apresentação do Protocolo de Auxílio à Tomada de Decisão (PATD).....	108
3.10 Considerações sobre o capítulo.....	114
<b>Capítulo 4 - O processo de reconfiguração presente na aplicação de métodos generativos em videogames .....</b>	<b>116</b>
4.1 Notas introdutórias do capítulo .....	116
4.2 Referencial teórico .....	117
4.2.1 Sistemas computacionais .....	121
4.3 Vendo e ouvindo um game.....	123
4.4 Métodos baseados em busca.....	130
4.5 Métodos constructos.....	137
4.6 Conteúdos que são intrinsecamente generativos .....	140
4.6.1 Vegetações .....	147
4.7 Considerações sobre o capítulo.....	148
<b>Capítulo 5 - Sistema integrado de criação musical para videogame com qualidades generativas.....</b>	<b>152</b>
5.1 Notas introdutórias do capítulo .....	152
5.2 Elementos estruturais e conceituais.....	154
5.3 Design de mudança (ou variabilidade) .....	157
5.4 3 Cenas .....	159
5.5 Gris (2018) .....	160

5.5.1 Design de mudança (ou variabilidade) .....	163
5.5.2 Variáveis .....	164
<b>5.6 Life is Strange (2015) .....</b>	<b>166</b>
<b>5.7 Final Fantasy VI (1994) .....</b>	<b>168</b>
<b>5.8 Considerações sobre o capítulo.....</b>	<b>171</b>
<b>Capítulo 6 - Processo de prototipagem .....</b>	<b>172</b>
<b>6.1 Protótipo 1.....</b>	<b>172</b>
<b>6.2 Processo inicial de tomada de decisões .....</b>	<b>173</b>
6.2.1 Estabelecendo as relações .....	173
6.2.2 Comportamento sonoro do protótipo .....	176
6.2.3 Contexto tecnológico do game .....	177
6.2.4 Métodos utilizados .....	177
6.2.5 Tratamento dos proto-artefatos .....	179
6.2.6 Composição do conteúdo musical .....	179
6.2.7 Relação entre música e cenário pela perspectiva da programação .....	180
<b>6.3 Estabelecimento dos parâmetros.....</b>	<b>180</b>
6.3.1 Narrativa do jogo e contribuição da música .....	180
6.3.2 Reatividade da música às ações do jogador.....	181
6.3.3 Parâmetros e coerência musical .....	182
6.3.4 Processo composicional e implementação .....	182
6.3.5 Objetivo final da trilha e contribuição para a imersão.....	182
<b>6.4 Aplicação experimental .....</b>	<b>183</b>
<b>6.5 Procedimento metodológico do experimento número 1.....</b>	<b>183</b>
<b>6.6 Apresentação dos dados e discussão.....</b>	<b>185</b>
<b>6.7 Considerações preliminares do experimento 1 .....</b>	<b>190</b>
<b>6.8 Procedimento metodológico do experimento número 2.....</b>	<b>191</b>
<b>6.9 Apresentação dos dados e discussão.....</b>	<b>194</b>
<b>Capítulo 7 – Conclusão e reflexões sobre a pesquisa .....</b>	<b>199</b>
<b>7.1 Síntese do modelo composicional proposto .....</b>	<b>200</b>
<b>7.2 Considerações finais sobre a pesquisa.....</b>	<b>204</b>
<b>7.2 Trabalhos futuros.....</b>	<b>205</b>

## Introdução

A criação de jogos digitais trilhou um percurso curioso que também serve para balizar discussões ligadas à Inteligência Artificial (IA) em outras áreas do conhecimento. Esse caminho foi interessante, pois um dos aspectos reiterados pelos críticos das IAs é a diminuição de postos de trabalho, ou seja, o perigo de muitos trabalhadores humanos tornarem-se descartáveis e, conseqüentemente, serem substituídos por robôs ou outras máquinas abarcadas pela categoria denominada de inteligência artificial. No caso típico dos *videogames*, o sentido percorrido foi inverso a essa mencionada ameaça. De início, um videogame era criado por um ou dois desenvolvedores. Todavia, como o aumento da complexidade adquirida pelos jogos digitais, adveio uma demanda pela especialização e, assim, a necessidade de incorporação de um número maior de trabalhadores provenientes de distintas áreas de atuação.

A história dos *videogames* começa na década de 1950, com programadores pioneiros ligados a instituições de ensino norte-americanas, como o MIT, e funcionários de instalações militares no *Brookhaven National Laboratories* que, restritos às limitações tecnológicas da época, criaram jogos com interfaces gráficas e ou textuais simples. Jogos digitais em dispositivos portáteis apareceram no mercado já no final da década de 1970, sendo o Microvision um dos primeiros a ser produzidos (Milton Bradley, 1979). Já em meados dos anos 1990, os computadores pessoais foram o pivô da criação de gêneros de jogos com especificidades próprias, como o *first person shooter* (FPS), criando formas de jogar utilizando o mouse do computador na função de locomotor e disparador. Foi nesse momento que os videogames adquiriram popularidade a nível mundial (Rogers, 2014, p. 32). A facilidade de se jogar no computador ampliou as possibilidades criativas e aumentou consideravelmente o nível de complexidade no processo de criação de um jogo digital para abarcar as funcionalidades multimidiáticas oferecidas pela máquina. Essa demanda criativa e conseqüente aumento de complexidade no desenvolvimento do projeto de um *videogame* é um dos fatores que contribuiu para gerar a busca por profissionais especializados de distintas áreas além da computação (Rogers, 2014, p.36). Na esteira dessa complexificação, os programadores passaram a trabalhar colaborativamente com artistas visuais, designers, compositores, gerentes, projetista de som, entre outros. Em 2014, Scott Rogers (2014, p.36) identificou a necessidade de cerca de 12 tipos de profissionais, em uma escala industrial, para produzir um jogo digital, sendo eles: 1) **programador**; 2) **artista visual**; 3) **designer**; 4)

**produtor; 5) testador; 6) compositor musical; 7) designer de som; 8) redator; 9) gerente de produto; 10) gerente de criação; 11) diretor de arte; 12) diretor técnico.**

Embora essa particularidade da criação de jogos digitais ocorra na contramão dos cenários distópicos previstos por analistas de IA — especialmente no que se refere aos impactos futuros sobre o mercado de trabalho caso esse modelo de produção continue a ser utilizado indiscriminadamente — o aumento no número de profissionais envolvidos na confecção de um jogo digital também apresenta um problema que pode servir como paradigma de reflexão para outras áreas do conhecimento. Especificamente, o problema reside no fato de que a elaboração (ou design) de um projeto de forma isolada pode reduzir a percepção da articulação entre as partes componentes, comprometendo a experiência imersiva. Além disso, a falta de integração pode inibir o avanço na criação e implementação de sistemas com qualidades generativas, uma vez que tais qualidades precisam estar em congruência com todos os sistemas do jogo para obter êxito.

Há, ainda, outro problema que, embora pareça tangencial, não pode ser menosprezado. O processo de criação em separado permite que cada profissional envolvido adote métodos distintos para realização de tarefas. Neste sentido, alguns desses especialistas podem optar por delegar parcial ou completamente o controle da programação para as IAs. Ocorre que, por conta de sua interface convidativa e agilidade de processamento, as IAs também causam um distanciamento da percepção da realidade do algoritmo, e isso pode trazer riscos diversos. O programador, ao delegar a programação para a IA, perde o controle do código e, conseqüentemente, a capacidade de antever riscos e outros problemas advindos da "naturalização" da tecnologia (Corrêa, 2024). Portanto, conceber o contexto da criação de um jogo digital como um processo integrado pode aperfeiçoar a programação e, conseqüentemente, a experiência imersiva do usuário, pois a integração concorre para uma melhor percepção das relações causais e correlacionais implícitas nesse processo.

Compreendendo-se, portanto, que os jogos digitais possuem várias camadas em seu modelo de planejamento e criação, deve-se enfatizar que estes não são mais atividades individuais. Os jogos uniram-se a experiências sociais, viabilizados pela internet, e são comumente mediados por Inteligência Artificial. Dessa forma, os jogos passaram de uma atividade emergente e se constituíram como estruturas sociais amplas e mediadas pelo mais alto nível de tecnologia disponível no mercado. A compreensão dessas estruturas tornou-se conhecimento essencial para profissionais que desejam participar da indústria dos jogos, setor este que apresenta excelentes possibilidades comerciais, e de pesquisa tecnológica, especialmente na América do Sul. O portal Sebrae Digital estima que, em 2024,

a indústria de jogos digitais deve movimentar cerca de US\$ 242,7 bilhões. Os analistas do Sebrae apresentam, também, dentre as tendências para 2024, o uso massivo de IAs generativas na produção de jogos digitais e dos chamados *E-Sports*, juntamente com jogos em realidade virtual e realidade aumentada. Em vista disso, podemos afirmar que mais uma camada de complexidade está sendo adicionado ao processo de produção de um jogo, ou seja, a condição generativa (definitivamente baseada em IAs) para criar e manter espaços virtuais multijogadores.

Motivados pelas demandas intrínsecas a esse contexto, propomos nesta dissertação a concepção de uma tecnologia conceitual (com desdobramentos práticos comentados adiante) com o objetivo de organizar o processo de criação de um jogo digital de forma integrada. Essa ferramenta conceitual parte do princípio de que a criação de um jogo digital é um processo estratificado e o funcionamento de um jogo digital compreende uma rede causal dividida em três dimensões: 1) causalidade real (algoritmos empregados no design do jogo); 2) correlações associativas (dimensão artística); 3) causalidade percebida (interatividade e imersão do jogador).

**A proposta aqui descrita tem como guia a seguinte hipótese:** Se a produção de um jogo digital for planejada com uma concepção integrada, os componentes do sistema interativo criados apresentarão maior coerência percebida pelo usuário, aprimorando a experiência imersiva e interativa.

Enfatizamos que essa hipótese, aqui exemplificada no âmbito dos videogames, não está restrita a esse contexto, mas pode ser extrapolada para outros ambientes virtuais ou sistemas generativos. Além disso, possui desdobramentos para o campo da educação tecnológica e outros sistemas de comunicação. Essa possibilidade de desdobramento da proposta aqui apresentada para outras áreas do conhecimento é factível pelo fato de compreendermos que um jogo digital é um *software* que possui um sistema computacional programado por algoritmos (responsáveis por gerar movimentação ao sistema), por uma interface artística (constituindo os aspectos e apelos estéticos, ou seja, visuais e sonoros, diretamente percebidos pelo usuário) e por um aspecto imersivo em uma experiência digital interativa (que, para ser eficiente, precisa demonstrar congruência entre seus elementos constituintes de modo a viabilizar a percepção de relações entre essas partes). Desse modo, justifica-se o objetivo aqui proposto pela consecução de maior controle do processo como um todo, ou seja, desde sua concepção, passando pela produção, até a utilização do produto criado.

Entendemos que cada nível aqui apresentado como uma dimensão de compreensão de um jogo digital (algoritmo, arte e interatividade) age como mediador de um

nível de causa e efeito no processo de criação e execução de um jogo digital. Neste contexto, o algoritmo faz a mediação de um nível de causalidade estrita entre a escrita dos códigos e a interação destes com todo o sistema. A dimensão artística representa uma correlação associativa entre a estética de elementos visuais e sonoros que compõem o jogo. E, por fim, a interatividade representa a resposta percebida pelo usuário proveniente de uma junção dos algoritmos, dando movimento à interface artística.

Com o aumento da conectividade em jogos multijogadores e da necessidade de utilização de algoritmos generativos no processo de criação de jogos digitais, emerge também o fato de estas tecnologias possuírem parte da autonomia no processo de criação e gestão desses jogos digitais, sendo importante garantir o direcionamento correto para esses sistemas autônomos. Acreditamos que, ao definir parâmetros regulatórios entre as três dimensões propostas neste artigo, é possível realizar um controle dos possíveis riscos ao mediar a variabilidade dos algoritmos generativos programados no sistema. Criar ferramentas de conexão entre os elementos importantes do sistema, condicionando-os em um design único, pode ser uma maneira de criar ambientes interativos que possuam qualidades generativas com maior equilíbrio percebido na experiência de jogabilidade proposta. Dessa forma, o processo será unificado e o sistema interligado para gerar maior eficiência intrínseca ao sistema, bem como maior coerência percebida pelo usuário.

Antes de detalhar o modelo aqui proposto, vale observar que este é idealizado no contexto em que diversas ferramentas criativas baseadas em inteligência artificial surgem a cada semana. Em vista disso, a seção seguinte apresenta um breve panorama das inovações e problemas trazidos nesse domínio.

## **Inteligência artificial e cocriação computacional como mediadores no processo criativo**

Como já mencionado anteriormente, uma das invenções que tem causado muita polêmica na atualidade é a Inteligência Artificial. Sem entrar no mérito se os *softwares* que impulsionam o aprendizado de máquina produzem de fato computadores inteligentes, ou se esta tecnologia poderia mesmo ser compreendida como artificial (já que, como bem argumenta o cientista Miguel Nicolelis, dado sua presença constante e pervasiva, deve ser considerada como real e não artificial), e desconsiderando por ora os cenários distópicos analisados por vários pensadores, temos que admitir o estágio avançado em que essa tecnologia se encontra, bem como as suas possibilidades de expansão. Na sua forma inicial, a IA teve como objetivo lidar com problemas cujas soluções pudessem ser consideradas

como melhores ou mais eficazes. Porém, após esse início bem-sucedido, os pesquisadores voltaram seus olhares para problemas que não necessariamente apresentavam soluções únicas ou mais eficazes, tais como as problemáticas ligadas às artes e à linguagem. Surge, assim, com esse intuito, a denominada criatividade computacional, lidando e resolvendo questões que não permitiam uma resposta simples do tipo "sim" ou "não" (Pasquier, 2017, p. 3).

Nesse contexto (e ao encontro dos objetivos descritos no último parágrafo), pode-se perceber o porquê de a área de Artes ter despontado como um campo fértil para os experimentos envolvendo a criatividade computacional. Depois de os artistas e programadores haverem mostrado ao mundo que o computador era sim capaz de criar obras de arte (seja pintura ou música) com a mínima intervenção humana e que essas obras poderiam ser acolhidas no domínio de uma experiência estética significativa, o foco dos criadores foi redirecionado para investigações ligadas à criatividade.

A partir da virada do século, diversas companhias já exploravam formas de conseguir dos computadores resultados que pudessem ser considerados como criativos. Pouco tempo depois, Maurice Conti (2016) formulou aquilo que para ele seria o caminho definitivo na parceria humano-máquina: a cognição ampliada. Nesse cenário, o sentido a ser trilhado na área da aprendizagem profunda (*deep learning*) das inteligências artificiais seria em direção à intuição. Não se trata, portanto, de produzir um programa que permita ao computador ser criativo, mas sim, de possibilitar que este aprenda com os seres humanos a tomar decisões baseadas na intuição. Conti denominou esse próximo estágio de cognição aumentada, nessa sinergia humano-máquina, os seres humanos teriam suas habilidades cognitivas amplificadas pela capacidade computacional e, assim, poderiam projetar coisas impossíveis para um aparato cognitivo limitado. Esse processo do emprego da inteligência artificial intuitiva (ou computação intuitiva) é viabilizado pelo grau de autonomia dos algoritmos, que deixam de ser passivos (objetivando resultados específicos e determinados) e passam a ser generativos, isto é, não restritivos (permitindo resultados inusitados).

Outros autores (Salamanca; Gómez-Marín; Jordà, 2023; Suh, 2021; Aly, 2021) preferem denominar essas formas colaborativas de Cocriação Computacional (CCC), um subdomínio da Criatividade Computacional (CC) que discute e aprimora o processo colaborativo entre seres humanos e agentes computacionais. Estes procedimentos têm o objetivo de produzir artefatos criativos com a redução da intervenção humana durante o processo. Têm-se utilizado sistemas de cocriação computacional, baseados em IA, em procedimentos interativos visando gerar maior coesão de grupo, maior simplicidade dos produtos gerados, redução de possíveis estagnações e maior alternância de papéis de

trabalho (Suh, 2021, p. 1). Dessa forma, é possível atingir grandes demandas de produção de conteúdos em escala industrial mesmo trabalhando com uma equipe considerada pequena.

Um dos procedimentos utilizados com intuito de atribuir maior autonomia para o computador em um processo de criação artística centrado na ausência de um agente humano é a chamada *machine learning*. Entendeu-se que deveríamos ensinar o computador como "agir", surgindo então a aprendizagem supervisionada, situação em que o agente humano supervisiona a aprendizagem avaliando pessoalmente os artefatos criados pelo computador. Este procedimento acaba sendo demorado e muito custoso, principalmente para as realidades atuais (Goodfellow, 2020, p. 139).

Já a aprendizagem não supervisionada, em termos gerais, pode ser categorizada como a ação do computador em aprender ou produzir algo novo examinando um conjunto de dados. Devido à presença de um ciclo contínuo de aprendizagem, condição que induz a máquina sempre se comporta de forma diferente, analisando os artefatos mais promissores em uma melhoria contínua, esses algoritmos ganharam o status de modelagem generativa (Goodfellow, 2020, p. 139). As Redes Generativas Adversárias, por sua vez, são um dos métodos de modelagem mais promissores da atualidade, baseadas na Teoria dos Jogos e, embora difíceis de treinar, têm grande sucesso na geração e tratamento de dados realistas, como, por exemplo, as imagens (Goodfellow, 2020, p. 139). As Redes Generativas Adversárias também têm grande sucesso na criação de conteúdo para *videogames* (Gui, 2021, p. 3313), sendo um método amplamente aplicado em Geradores de Conteúdos Procedurais para *videogames* (Shaker; Torgelius; Nelson, 2016). Essas redes funcionam como um jogo de duas etapas, uma situação em que um gerador cria um artefato o mais próximo possível de uma determinada diretriz ou modelo, e cabe a um algoritmo, com a função de discriminador, analisar e permitir ou não que aquele artefato seja apresentado e passe a funcionar como uma nova diretriz do próprio discriminador. Isso acaba por gerar uma espécie de precisão aprendida (*learnt accuracy*, Gui, 2021, p. 3313), proporcionando a substituição do uso de artefatos criados externamente por agentes humanos, por artefatos aprendidos pelo computador (Liu, 2021, p. 839). Esses algoritmos também são utilizados com sucesso em produtos da criatividade computacional, como visão computacional e linguagem natural (Gui, 2021; Liu, 2021), tendo assim o conceito generativo como base de sua construção.

Dessa forma, podemos entender que os algoritmos autônomos, em parte, e estritamente no contexto atual dos *videogames*, trabalham realizando a atividade de embaralhar e reconfigurar os elementos de um jogo, proporcionando assim novos tipos de

jogabilidade e interações em ambientes digitais interativos. Surge então um design que garante que esse processo ativo e dinâmico atinja sempre um padrão de qualidade satisfatório. Busca-se, então, que todas as partes da obra que são reconfiguradas continuem reforçando a experiência central e a estética proposta, atingindo assim um equilíbrio dentro de uma obra que já nasce dinâmica (Arnheim, 1980, p. 13).

É no sentido de compreender e de lidar com esse cenário atual de obras que possuem capacidade de se recriarem ou de gerar artefatos com micro variações, com pouca ou nenhuma interação humana, que a presente dissertação centra seu foco. Tendo em conta que o fato de a automação também trazer uma camada de imprevisibilidade que deve ser, ao menos parcialmente controlada, propomos a concepção integradora no processo de planejamento. Entretanto, antes de adentrarmos às especificidades técnicas dessa metodologia, é interessante compreender as premissas que fundamentam a proposta, a saber, as relações de causalidade e correlação.

### **Relações causais, correlacionais em ambientes imersivos interativos**

O estudo sobre os modos como eventos distintos estão relacionados vem de longa data. Já na antiguidade grega, Aristóteles (2002) propôs quatro categorias sob as quais seria possível identificar causalidades entre os fenômenos, a saber: causa material, formal, eficiente e final. Desse modo, Aristóteles compreendia os dois aspectos constituintes de algo (do que é feito um objeto, ou seja, qual é sua matéria e como esta se nos apresenta, ou seja, sua forma), bem como os dois aspectos da transformação do objeto, isto é, quem o produziu (o agente responsável por moldar o objeto) e qual a sua funcionalidade (ou seja, para qual finalidade o objeto foi criado). Saltando para o século XVI, observou-se em Descartes uma subtração da ênfase na teleologia e um maior peso sobre a causa eficiente. Não interessava a Descartes afirmar os propósitos das coisas, já que estes poderiam até ser atribuídos arbitrariamente pelos seres humanos. Antes, Descartes, imbuído do racionalismo de sua época, focava no entendimento das leis que permitiram a existência de determinado objeto ou evento. Seu método racional baseava-se, assim, na decomposição do fenômeno em partes constituintes com objetivo de viabilizar a compreensão do todo. Immanuel Kant (2001), por sua vez, ao criticar o racionalismo cartesiano como única forma de ascensão ao conhecimento, propôs a interação entre experiência empírica e o raciocínio lógico como forma de conhecimento. Fundamentado nessa premissa, Kant inova ao propor a causalidade como uma categoria a priori para a compreensão das coisas. Isto significa que nós não aprendemos na experiência o que é uma relação causal, mas que estruturamos a

experiência empírica baseada na causalidade. Desse modo, a relação causal torna-se uma forma organizacional e estruturadora para a interpretação e entendimento dos fenômenos.

Na contemporaneidade, a reflexão sobre os modos como as coisas estão relacionadas continuou instigando os pensadores. Judea Pearl (2010, 2014, 1998, 2018), dentre esses, vem dedicando-se ao estudo relacionado à causalidade e às formas de inferi-la. Pearl trabalha na comprovação dessas relações no contexto da chamada era digital e suas propostas configuram-se como algoritmos (ver adiante). Assim, ele vale-se de complexa matemática, sobretudo estatística, para possíveis comprovações de sua teoria da inferência causal, especialmente a que implica em avançar da estatística associativa (baseada, sobretudo, em parâmetros distributivos em ambiente invariável) para a estatística causal, na qual a inferência das probabilidades ocorre em um contexto mutante (2010, p.1).

Pearl oferece como exemplos de relações estatísticas associativas inferências como correlação, regressão, dependência, semelhança, colapsabilidade, propensão, razão de risco, razão de probabilidade, condicionamento, entre outras. A relação causal, por sua vez, pode comportar conceitos como os de randomização, influência, efeito, confusão, manutenção constante, perturbação, termos de erro, coeficientes estruturais, correlação espúria, fidelidade/estabilidade, variáveis instrumentais, intervenção, explicação e atribuição (Pearl, 2010, p. 2).

Nesta dissertação, sem desconsiderar a complexa matemática envolvida, nos basearemos na metodologia proposta de Pearl para inferir e analisar as relações de causalidade. Trata-se de um método elegante estruturado em quatro passos (2010, p.26): definir (a quantidade esperada ou desejada de algo: *target quantity*), assumir (formular hipóteses causais), identificar (se o objetivo desejado é passível de ser expresso em termos de parâmetros estimáveis) e estimar (se quantidade objetivada é preciso ou aproximado).

A possibilidade de se compreender algo como relacionado por algum princípio causal depende da quantidade de atribuições positivas percebidas em um evento de modo que haja uma retroalimentação dessa percepção (Pearl, 2018, p. 261). Sendo assim, sugerimos que a percepção de um evento estruturado como causa e efeito depende da totalidade de efeitos positivos verificados e da ausência de efeitos negativos. No âmbito particular da produção de jogos digitais, nós apresentaremos e utilizaremos os conceitos de relações causais e correlacionais para integrar a construção do sistema computacional, a criação dos artefatos artísticos e a concepção esperada de experiência do usuário. Dessa forma, propomos três níveis de relações: (1) relação causal real, intrínseca à resposta direta do sistema a partir dos algoritmos implementados em uma tecnologia; (2) relação associativa, que diz respeito à criação de correlações que ajudem a construir proposta que

auxiliem a tomada de decisões estéticas; e, por fim, (3) relação causal percebida, que é a percepção de uma congruência no ambiente virtual, onde a relação de causa e efeito entre os objetos de uma cena deve reforçar o equilíbrio entre as partes com o objetivo de viabilizar a percepção do todo integrado.

É importante deixar claro que, muitas vezes, certos termos como causalidade, correlação, implicação, entre outros, são tomados, de modo equivocado, como sinônimos. Entretanto, existe uma distinção fundamental que se não explicitada pode conduzir a mal entendimentos. Causalidade e correlação são formas que usamos para descrever relações entre situações, ações, conceitos e muitas questões que necessitamos de conhecimentos aprofundados. Todavia, causalidade implica necessariamente na existência de uma causa que provoca um efeito, ou seja, há uma influência direta de um aspecto (ou variável) antecedente sobre um evento precedente. Consequentemente, causalidade implica em direcionalidade: se A é a causa de B, então B necessariamente ocorre após A no eixo temporal. Correlação, por sua vez, indica que duas variáveis (A e B) mudam ou se transformam conjunta ou simultaneamente. Entretanto, não há obrigatoriamente uma causa A que impõe um efeito em B. Correlação, portanto, não implica em causalidade. A correlação pode indicar (dar uma pista) que existe uma causalidade, mas para que a relação causa-efeito seja comprovada há a necessidade de experimentos ou pesquisas para gerarem evidências dessa relação.

## **Elementos estruturais e conceituais**

A partir das definições de causalidade e correlação, cabe agora entender como estas irão participar do planejamento de um jogo digital com qualidades generativas. Assim, apresentamos, a seguir, a estrutura desse processo.

Compreendemos, portanto, que os elementos estruturais de um jogo digital são aqueles que têm uma relação direta no âmbito da tecnologia e da mecânica, em um parâmetro mais intrínseco ao sistema. Similarmente, compreendemos os elementos conceituais como o resultado percebido pelo usuário, principalmente no âmbito da narrativa e da estética, relacionando-os, assim, com três esferas perceptuais, sendo elas: (1) protagonismo e foco; (2) equilíbrio; (3) direcionalidade e movimento. Baseamos parte dessa estrutura na téttrade do *game design* de Schell (2008, p. 51), para lidar com elementos estruturais, e para lidar com elementos mais subjetivos ligados à percepção artística nos guiaremos no trabalho de Rudolf Arnheim (1980).

Observamos que alguns dos elementos estruturais de um jogo nem sempre são diretamente percebidos pelo usuário. Por exemplo, se no jogo há um comando para que determinado personagem pule, então esse comando será codificado em um algoritmo responsável pela movimentação do respectivo personagem em relação aos pixels da tela. Nessa etapa de prototipagem das mecânicas (escrita do código) não há necessariamente uma relação direta com a representação artística do personagem. Compreenderemos, assim, que o objeto computacional responderá estritamente ao algoritmo de movimentação programado nesse sistema. Por outro lado, quando nos referirmos a uma esfera conceitual, procuramos lidar com os elementos estéticos perceptíveis pelo usuário. Dentre esses elementos estão as representações visuais, sonoras e espaciais (efeito chamado *surround*) experienciadas no ato de jogar.

### **Algoritmos, arte e interatividade (Caso Arkanoyd)**

Os jogos digitais são mídias interativas em que um usuário interage com um sistema a partir de dispositivos de *input* e é possível observar o resultado de suas ações em uma tela. Suas decisões são registradas comumente em teclados, *joysticks* (ou outro periférico) e as imagens são projetadas em algum tipo de monitor, exibindo dessa forma um resultado congruente ao contexto do jogo digital que está sendo jogado. A partir da congruência entre os algoritmos programados no sistema, a arte exibida na interface visual e a percepção de que suas ações estão realmente interferindo no espaço digital que surge a experiência do usuário.

A ação do usuário é programada via algoritmo e a reação no sistema é algo relativo às representações codificadas. Essa representação (código), por sua vez, é conectada com representações visuais e sonoras que apontam para uma narrativa. Um dos processos para impingir coerência no ato de jogar é chamado de balanceamento e, muitas vezes, para se atingir esse equilíbrio é necessário reajustar parâmetros das funções matemáticas previamente programadas.

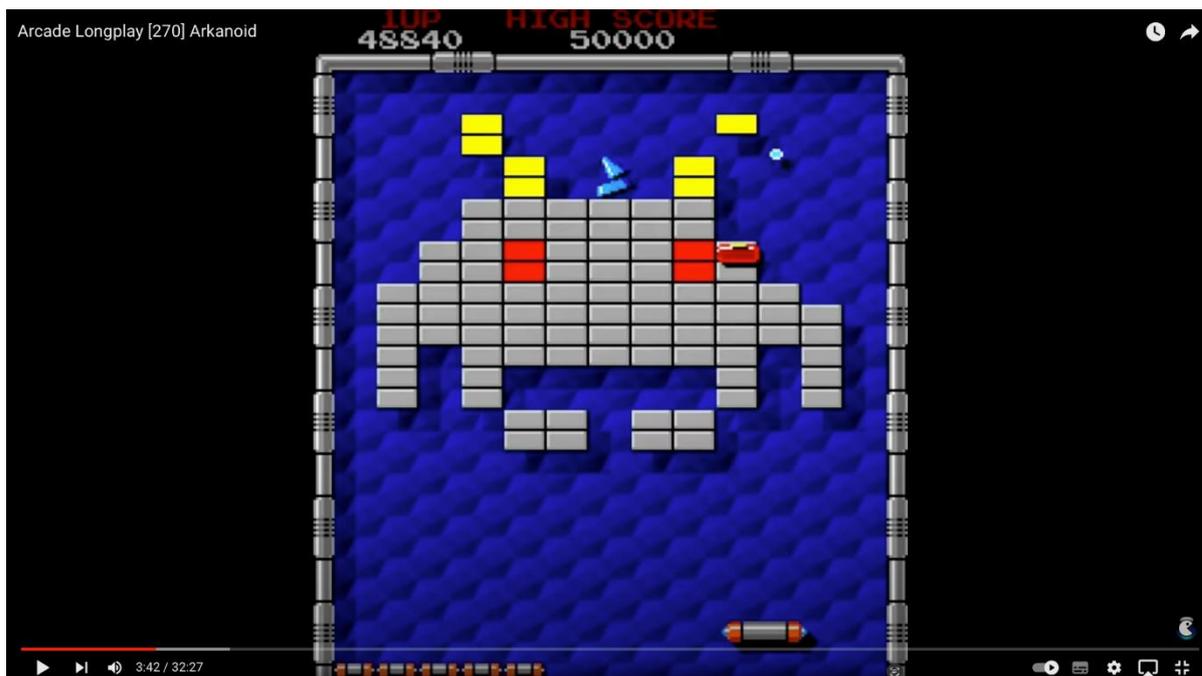


FIGURA 01: CAPTURA DA TELA DO JOGO ARKANOID (FONTE: YOUTUBE)<sup>1</sup>.

A Figura 01 apresenta uma captura de tela do jogo Arkanoid, lançado em 1986. Neste jogo, o jogador controla uma espécie de raquete (objeto em formato cilíndrico na parte inferior da imagem) que rebate uma bola com o objetivo de quebrar os blocos que ficam na parte superior da tela. É uma imitação de uma partida de *squash* para um único usuário. O design gráfico foi possivelmente influenciado pelos cenários de filmes de ficção científica usuais naquele período.

<sup>1</sup>Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Th-Z6QQ5AOQ&t=319s>

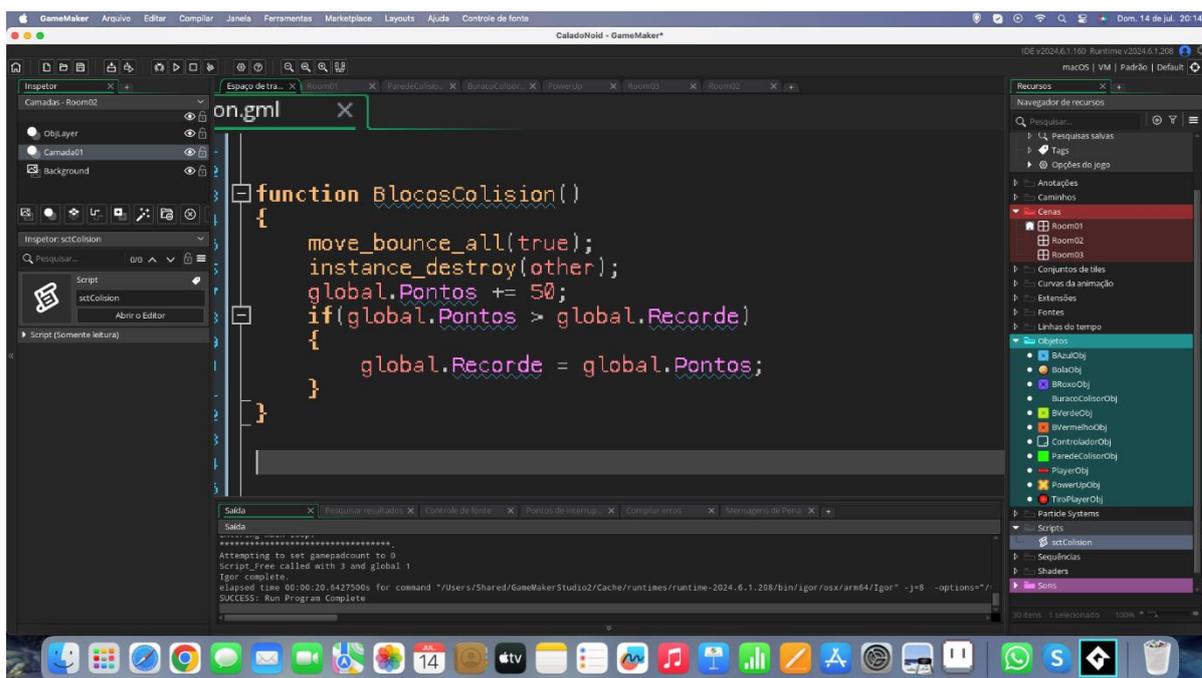


FIGURA 02: CAPTURA DA TELA DO CÓDIGO (*SCRIPT*) DE UM CLONE DO JOGO ARKANOID ESCRITO EM GML.

Na Figura 2, observa-se o *script* (conjunto de comandos que representam como algo deve acontecer no jogo) que tem as funções referentes à ação de quebrar os blocos no jogo. Com esses códigos adicionados ao sistema da *engine Game Maker 2*, é possível realizar todas as ações necessárias para haver uma colisão da bola com os blocos. A função mostrada na imagem pode ser descrita de modo a detalhar três níveis de causalidade:

### Causalidade real:

Indica que um determinado objeto deve se mover na direção oposta ao colidir com outro determinado objeto. No ato da colisão, há a destruição do bloco (*instance*) com o objeto da colisão. Há a adição de 50 (números reais) à variável chamada "**global.Pontos**". Caso a variável de números reais "**global.Pontos**" seja maior que "**global.Record**", o valor da variável "**global.Pontos**" deve substituir o valor da variável "**global.Record**".

### Causalidade percebida:

O jogador não visualiza o código, mas reconhece que a causa da destruição dos blocos é o impacto da bola que, por sua vez, foi acionada pela raquete. O jogador também percebe a relação de causalidade quando se dá conta de que a bola não destrói, mas é rebatida ao colidir com sua raquete.

Quando a bola colide com os blocos coloridos que ficam na parte superior da tela, o bloco é destruído, fazendo com que o bloco desapareça e a pontuação do jogador

amente. Assim, o jogador percebe a causalidade entre aumento da pontuação e destruição dos blocos, podendo até deduzir que este é o objetivo do jogo. Quando todos os blocos coloridos são destruídos, o jogador avança para a fase seguinte.

### **Causalidade associativa (ou subjetiva):**

Interface artística visível: o jogo apresenta um enredo, provavelmente, influenciado pelos filmes e pela literatura de ficção científica dos anos 1980. Os cenários possuem pelo menos algum elemento que represente algo metálico. O som ouvido quando há uma colisão reforça essa percepção, pois o timbre indica o choque entre objetos metálicos. Os blocos são coloridos para serem discriminados com facilidade. A interface gráfica baseia-se na *pixel art*, devido às limitações da época, os desenvolvedores tinham que trabalhar com recursos limitados pela capacidade do sistema, restringindo, assim, as possibilidades de um apelo visual e sonoro mais elaborado.

### **Estrutura da dissertação**

Após um breve levantamento da problemática abordada, decidimos que a presente pesquisa seria desenvolvida com um caráter metodológico experimental e exploratório. Empreendemos, a partir das necessidades levantadas, uma extensa revisão de literatura acerca dos seguintes temas: música computacional, música criada e adaptada para *videogame* e prototipagem em jogos digitais, culminando nos três primeiros capítulos deste texto. Em seguida, realizamos o levantamento de informações para a criação de um sistema composicional focado em integrar as áreas de computação, *game design*, *game art* e composição musical em prol da construção de trilhas sonoras com qualidades generativas para *videogames*.

Consolidando a parte exploratória da pesquisa, seguimos para os procedimentos investigativos, já em um caráter experimental. Realizamos então, a partir dos achados encontrados, o desenvolvimento de um protótipo com o intuito de compreender melhor como emergem as qualidades generativas de uma música criada e adaptada para *videogame*. A partir deste experimento, foi possível consolidar diálogos sobre o processo de criação e adaptação de músicas com qualidades generativas para *videogames*, abordando conteúdos levantados por toda a dissertação. O protótipo mostra, dessa forma, a interação entre objetos sonoros, criando uma representação de espacialidade e temporalidade, com o surgimento de qualidades generativas a partir da interação de um usuário em um ambiente virtual.

Seguindo os procedimentos propostos, a presente dissertação apresenta uma estrutura de escrita em que cada capítulo representa um momento singular da própria pesquisa, com início, meio e fim. Cada capítulo entrega conceitos particulares que ajudam a delinear a pesquisa como um todo, sendo inspirado no formato de escrita em ontologias. Seguindo essa lógica, do capítulo um até o cinco, construímos ferramentas que serão utilizadas nos capítulos seis e sete, proporcionando um diálogo o mais claro e preciso possível.

Para o desenvolvimento desta elaboração, foi abordada a seguinte pergunta de pesquisa:

**Como otimizar a integração de música e imagens geradas com qualidades generativas em um contexto dos *videogames*, visando à sinergia estética e expressão artística?**

#### **Objetivo geral:**

Desenvolver, implementar e analisar um modelo composicional com qualidades generativas que integre construção algorítmica, criação artística e *game design*, baseado nos princípios dos métodos generativos (ou Geradores Procedurais de Conteúdo), utilizando as diretrizes de análise integradora apresentadas pelos teóricos Rudolf Arnheim, Judea Pearl e Jesse Shell.

#### **Objetivos específicos:**

- a. Propor uma diacronia sobre as terminologias presentes no universo da música computacional relacionada a *videogames*.
- b. Propor um modelo de análise de música dinâmica para *videogames* que analise qualitativamente os parâmetros temporais e espaciais do áudio em jogos.
- c. Propor um modelo de tomada de decisão focado nas primeiras fases do processo de criação de uma trilha sonora com qualidades generativas para *videogame*.
- d. Desenvolver um modelo composicional genérico que integre criação artística, construção algorítmica e *game design*, partindo do conceito de inferência causal abordado pela ótica de Judea Pearl.
- e. Prototipar o modelo composicional em partes analisáveis e implementar os produtos criados durante o processo de pesquisa.
- f. Compor e avaliar o processo de criação de uma trilha de áudio para alimentar o modelo composicional desenvolvido permite gerar um processo de cocriação da trilha sonora

Sendo assim, a presente dissertação se estruturou da seguinte forma:

- a. **Introdução**
- b. **Capítulo 1** - Breve panorama dos usos, desusos e reúsos dos termos algoritmo, generativo, procedural e metacriativo: proposição de uma diacronia para as terminologias associadas à música computacional
- c. **Capítulo 2** - Recorrência e espacialidade em *videogames*: A construção de um procedimento de categorização de áudios dinâmicos em *videogames*
- d. **Capítulo 3** - A Proposição de um protocolo de auxílio para tomada de decisão na criação de trilhas sonoras com qualidades generativas para *videogames*
- e. **Capítulo 4** - O Processo de reconfiguração presente na aplicação de métodos generativos aplicados em *videogames*
- f. **Capítulo 5** - Sistema integrado de criação musical para *videogame* com qualidades generativas
- g. **Capítulo 6** - Processo de prototipagem
- h. **Capítulo 7** - Conclusão e reflexões sobre a pesquisa

## Capítulo 1 - Breve panorama dos usos, desusos e reusos dos termos algoritmo, generativo, procedural e metacriativo: Proposição de uma diacronia para as terminologias associadas à música computacional

No ano de 1956 Noam Chomsky publicou o seu artigo intitulado *Tree Models for the Description of Language*, texto seminal no qual incorporou conceitos da matemática estatística na análise gramatical da língua Inglesa. Sua abordagem analítica revolucionou o campo da linguística em sua época (Hingginbotham, 1982, p. 143). A busca de Chomsky por estruturas linguísticas basilares capazes de fornecer gramáticas geradora de todas as sentenças do inglês culminou no seu livro *Aspects of the Theory of Syntax* (1965), a partir do qual o termo "generativo" se estabeleceu definitivamente no campo da linguística. Generativo, no orbe da gramática generativa de Chomsky, implica em “um sistema de regras que de forma explícita e bem definida atribui descrições estruturais a sentenças de uma linguagem” (Chomsky, 1965, p.8). Já de saída percebe-se certa afinidade dessa definição com o conceito de algoritmo (vide adiante) e, talvez devido a essa semelhança, o termo generativo foi posteriormente encampado por outras áreas além da linguística, sendo utilizado na computação, psicologia e na modelagem cognitiva.

Algoritmo refere-se a uma organização sistemática e hierárquica de tarefas destinadas a oferecerem solução para um problema. Desse modo, algoritmo implica também em um procedimento finito de operações. Historicamente, de acordo com o verbete de várias enciclopédias, o termo "algoritmo", antes de ser empregado no contexto da computação, teve origem no campo da matemática e da filosofia. Supõe-se que o primeiro uso do termo no contexto da matemática se deu a partir do nome do matemático Abu Ja'far Maomé ibn Mûsâ al-Khowârisim (825), que escreveu o livro "*Algorithmi de numero indorum*", abordando o conceito de algoritmos no contexto do sistema decimal indiano. Além disso, o termo é verificado no campo da filosofia, com textos datados por volta de 300 a.C., como o "Algoritmo de Euclides" (Britannica, 2024). O termo teria sido introduzido na Itália por Leonardo di Pisa traduzido do árabe por “algarismo” ou algoritmo (Potts, 1879, p.17) e, a partir das traduções latinas dos livros árabes de álgebra e hindus de aritmética, o termo fica conhecido em outros países europeus. Na área da música, ambos os termos “generativo” e “algoritmo” estão presentes em diversos domínios criativos, como se verá adiante.

Voltando ao termo generativo, o desdobramento mais evidente da proposta de Chomsky foi o livro de *Fred Lerdahl e Ray Jackendoff A Generative Theory of Tonal Music* (1983). Os autores, ao compreenderem o sistema tonal como uma linguagem (pois esse sistema possui sintaxe bem estabelecida), adotaram o conceito de “generativo” de modo

similar à gramática de Chomsky, ou seja, propondo um conjunto finito de regras que viabilizariam um número infinito de estruturas musicais possíveis (Hansen, 2011, p. 35). O livro de Lerdahl e Jackendoff, apesar de bem conhecido, curiosamente não produziu impacto na área de teoria musical, uma vez que é raramente incluído nos currículos de cursos. Entretanto, continua sendo de grande relevância em diversos campos da pesquisa em música, sobretudo nas áreas da computação musical, cognição e psicologia da música (Hamanaka; Hirata; Tojo, 2006; Hansen, 2011)<sup>2</sup>.

Desde o legado de Chomsky, de forma dinâmica, o processo de construção de teorias e conceitos que visam compreender e ou explicar os mecanismos de formação das mais diversas formas de linguagens (oral, computacional, musical, etc.) tem sido uma constante. Foram propostas diversas taxonomias, cálculos, diagramas e outras ferramentas para auxiliarem a compreensão dos complexos mecanismos comunicativos. Ao longo do século XX, terminologias como "algoritmo", "generativo" e "procedural" foram sendo revisitados e, assim, adquiriram novas formas e significados, transformando-se em objetos de criação (Boden; Edmonds, 2009, p. 21).

Especificamente nos ambientes de criação artística, essas formas e modelos ganharam nova dimensão com o surgimento da era da informática. Com suporte do computador, expressões como "música algorítmica", "música generativa", "música procedural" e, posteriormente, "música metacriativa" passaram à ordem do dia. Justamente esses termos que ora se aproximam ora se afastam compõem o objeto de estudo deste capítulo.

Exatamente a coexistência de várias terminologias, bem como os usos diversos e transdisciplinares de procedimentos similares, fazem com que as fronteiras delimitadoras dos conceitos sejam cada vez mais deslocadas e imprecisas (Wooller, 2005, p. 109). Chega-se, assim, ao momento em que um termo ou expressão (como música computacional, por exemplo) deixar de ser elemento de diferenciação e passar a agir como aglutinador de conceitos, estilos, processos e técnicas.

Já ao final do século XX, Papadopoulos e Wiggins (1999, p. 110), em seu trabalho *All the Methods for Algorithmic Composition: A Survey, a Critical View and Future Prospects*, apontaram as dificuldades em categorizar os métodos de composição algorítmica. Essa complexidade não se restringe apenas às terminologias apresentadas, mas também abrange todo o contexto técnico da música criada e assistida por computador. Nesse

---

<sup>2</sup>Para fornecer uma dimensão da relevância para a pesquisa em música do trabalho de Lerdahl e Jackendoff vide o artigo de Niels Hansen (2011) sobre o legado da Teoria Generativa da Música Tonal.

cenário, emergiram novas possibilidades no campo da composição musical e design sonoro, abrindo assim, caminho para abordagens inovadoras e criativas.

Sobretudo na última década do século XX e nas seguintes do século XXI, os termos "generativo", "procedural", "algoritmo" e "metacriativo" vieram a formar o alicerce para a construção de fenômenos culturais (Collins; Mclean, 2014, p. 355), acadêmicos e tecnológicos da música criada e assistida por computador. Esses fenômenos, por sua vez, transitam em diversas esferas, como raves, performances ao vivo, criação de *softwares*, música eletrônica, automação de procedimentos intrínsecos à composição musical e design sonoro, além de figurar como objeto de estudo em ambientes acadêmicos.

Em vista desse estado de coisas, o objetivo deste texto é fornecer propostas de distinções entre os procedimentos característicos da música computacional, sem pretender, entretanto, contestar as definições correntes. Nossa intenção é auxiliar a compreensão da transformação desses conceitos ao longo da história recente. Ainda, apresentamos a sugestão de uma diacronia com intuito de ilustrar os usos e reúsos das seguintes terminologias: música algorítmica, música generativa, música procedural e música metacriativa.

Como o uso do computador (seja como ferramenta, assistente e ou coautor) tornou-se o procedimento “padrão” para criação de trilhas musicais e design sonoro no universo dos *videogames*, a revisão da literatura utilizada para a coleta de dados referentes aos conceitos aqui trabalhados envolve grande número de autores dessa área específica.

Por fim, o uso da própria expressão “música computacional” foi e continua sendo objeto de contestações. A maioria das restrições ao seu uso baseia-se no fato de que, praticamente, todas as tarefas cotidianas são realizadas pelo ou com a assistência do computador<sup>3</sup>. Desse modo, não haveria sentido em definir a prática composicional pela ferramenta usada para a produção de obras. Stravinsky, por exemplo, sabidamente compunha suas obras orquestrais ao piano, e nem por isso seu estilo seria classificado como “música pianística”. No campo das artes visuais, de maneira similar, foi contestado o uso do termo “vídeo arte”, uma vez que, desde o surgimento de câmeras digitais, o vídeo não é mais o suporte usado na captura de imagens. Na literatura histórica sobre música computacional, encontram-se também outras sugestões para nomear o novo procedimento compositivo que se estabelecia, tais como música e informática, engenharia musical e música digital. No século XXI, a pesquisadora italiana Laura Zattra (cujo livro tem propósito principalmente didático), propõe a seguinte definição: “*computer music* é o repertório de

---

<sup>3</sup>Já em 1989, Judson Rosebush afirmava que: “*computer art has become a meaningless term, because soonvirtually all art will be computerized in some way or another*” (1989, p.55).

peças, das pioneiras às mais recentes, que se valem do computador no contexto da pesquisa musical dedicada ao processamento, à transformação e à organização do som<sup>4</sup> (Zattra, 2011, p.31).

O *Grove Dictionary*<sup>5</sup> prefere não focar na “*computer music*” como um (sub)gênero autônomo. Assim, não há esse verbete, mas sim “*computers and music*” de autoria de John Strawn (2013). Essa expressão oferece, certamente, uma dimensão da vasta amplitude de usos oferecidos pelo computador em conexão com diversos campos do fazer musical (e não somente da composição) tais como, síntese sonora digital, modelagem física, automatização de processos composicionais, editoração de partitura, gravação, mixagem e edição em estúdio (DAW), entre outros.

Sem adentrar aos meandros de querelas similares, neste texto adotamos uma definição operacional, a saber: a música computacional é a música que não poderia ter sido composta sem a utilização do computador. Essa “definição”, em certa medida, vai ao encontro da definição proposta por Curtis Roads, certamente a mais citada (nos artigos utilizados para esse levantamento) para música computacional (talvez, porque seja a utilizada no verbete da Wikipedia):

Música computacional é a aplicação de tecnologia de computação na composição musical, para ajudar compositores humanos a criarem novas músicas ou para que computadores criem músicas de forma independente, como acontece com programas de composição algorítmica. Inclui a teoria e aplicação de tecnologias de *software* computacionais, novos e existentes, e aspectos básicos da música, como síntese sonora, processamento digital de sinais, design sonoro, difusão sonora, acústica, engenharia elétrica e psicoacústica (Roads, 1996, i)<sup>6</sup>.

Embora alguns autores apresentem restrições quanto ao uso da expressão “música computacional”, é inconteste a relevância das publicações dedicadas ao assunto. Um marco na disseminação de ideias e pesquisas relacionadas ao uso do computador e suas diversas aplicações em música foi o lançamento do periódico *Computer Music Journal*,

---

<sup>4</sup>No original: *Computer Music è il repertorio de brani, dai pionieristici ai più recenti, che usano il computer nell'ambito della ricerca musicale dedicata all'elaborazione, alla trasformazione e all'organizzazione dei suoni.*

<sup>5</sup>Iremos referir ao Grove Music Online apenas como Grove. A opção por essa fonte de referência se dá pela magnitude da obra (51000 artigos) e pela facilidade de acesso, a partir da versão online (2001), do The New Grove Dictionary of Music and Musicians, cuja primeira versão ocorreu em 1879. Desde então, o dicionário é constantemente atualizado e passou, também, a incluir outras referências publicadas pela Oxford, tais como The New Grove Dictionary of Jazz, The New Grove Dictionary of Opera e o The Norton Grove Dictionary of Women Composers, entre outros.

<sup>6</sup>No original: *Computer music is the application of computing technology in music composition, to help human composers create new music or to have computers independently create music, such as with algorithmic composition programs. It includes the theory and application of new and existing computer software technologies and basic aspects of music, such as sound synthesis, digital signal processing, sound design, sonic diffusion, acoustics, electrical engineering, and psychoacoustics.*

publicado pelo MIT desde 1977. Curiosamente, no número inaugural dessa revista (fevereiro de 1977), John Snell, editor à época, inicia o Editorial de apresentação advertindo os leitores de que se trata de uma publicação altamente técnica para os músicos e, didaticamente, recomenda leituras prévias de outros jornais de modo a iniciar o leitor aos artigos apresentados. Snell escreve:

Eu sugeriria primeiro a leitura do artigo de Max Mathews “The Digital Computer as a Musical Instrument” que apareceu no Vol.142, p.553 da *Science* em 1963. Eu também recomendaria fortemente *The Technology of Computer Music*, também de Max Mathews com a colaboração de J. E Miller (...) publicado pelo MIT Press em 1969. (Snell, 1977, p.2)<sup>7</sup>.

Apesar do teor técnico envolvido, 46 anos após o Editorial de John Snell, não somente a revista do MIT, mas todo o contexto tecnológico, técnico e estético da música computacional continua a interessar músicos, engenheiros, compositores e pesquisadores, indicando, assim, a relevância dos diversos temas encampados por esse domínio do métier musical.

## 1.1 Procedimento metodológico do capítulo 1

A abordagem metodológica aqui adotada para auxiliar a compreensão do estabelecimento e transformação dos conceitos mencionados assemelha-se a um levantamento tipo “estado da arte”. Ao afirmarmos que não se trata realmente de um estado da arte pretendemos esclarecer que, embora o levantamento realizado tenha sido sistemático e delimitado, as fontes consultadas restringiram-se à literatura disponível em inglês, português, espanhol, francês e italiano. Reconhecemos, portanto, que um levantamento extensivo a outros idiomas seria necessário para oferecer um diagnóstico preciso sobre o estado atual de conhecimento em música computacional e, assim, caracterizar a pesquisa estado da arte stricto sensu. Todavia, é justo observar que autores de diferentes nacionalidades têm preferido publicar em inglês – note-se, para confirmar, os vários autores arrolados nas Referências deste artigo. Desse modo, essas publicações contribuem para compor uma amostragem expressiva deste levantamento, mesmo que não tenham sido escritos em idioma nativo dos autores.

Alguns verbetes de enciclopédias serviram para fornecer não somente definições, mas também a diacronia histórica referente às transformações ocorridas na música computacional. De particular interesse, neste aspecto, foram dois verbetes do Grove. O

---

<sup>7</sup>No original: *I would suggest first reading Max Mathews’ article “The Digital Computer as a Musical Instrument” which appeared in Vol.142, p.553 of Science in 1963. I would also highly recommend The Technology of Computer Music, also by Max Mathews with the collaboration of J. E Miller (...) published by MIT Press in 1969.*

primeiro, “Lejaren Hiller” (escrito por Andrew Stiller, 2001), pesquisador e compositor norte-americano considerado o pioneiro na programação do computador com fins composicionais. Hiller “criou”, aquela que é considerada historicamente a primeira obra musical gerada por um computador: ILLIAC Suite, 1957, posteriormente renomeada para String Quartet no.4 (Stiller, 2001). O segundo foi “Computers and Music” (escrito por John Strawn e revisado por Alan Shockley 2013), já comentado.

O levantamento quantitativo da produção que objetiva ao estudo e à criação de procedimentos para potencializar o uso do computador pode ser realizado buscando-se por descritores, tais como música ou composição “generativa”, “procedural”, “algorítmica” e “metacriativa”. Estes termos, algumas vezes são tratados pelos autores como complementares, sinônimos ou distintos, gerando o problema semântico motivador desta revisão. Em alguns casos, essas terminologias passam a compor jargões de grupos acadêmicos ou sociais distintos, complicando, assim, a compreensão do fenômeno como um todo. Vários autores apontam os problemas causados pela falta de precisão no uso das terminologias (Dorin, 2001; Järveläinen, 2000; Papadopoulos; Wiggins, 1999). Wooller e Brown (2005, p.21), por exemplo, atestam que os termos ‘arte generativa’ e ‘arte computacional’ têm sido usados em conjunto, e mais ou menos de maneira intercambiável, desde os primeiros dias. Plut e Pasquier (2020, p.2) afirmam que música algorítmica, procedural e metacriativa são sobretudo sinônimos (vide adiante nota de rodapé 19).

Como o uso do computador tornou-se ubíquo em praticamente todos os setores do fazer musical, e como nosso interesse específico é, por meio de análise de terminologias, compreender as inovações e transformações que impactaram o campo da criação musical, restringimos as buscas aos textos que tratam do uso do computador como mediador ou produtor de obras musicais. Dessa maneira, trabalhos relativos a pesquisas nas áreas da audição computacional, transcrição e notação musical assistida por computador, *softwares* corretores de afinação, instrução musical assistida por computador, modelagem física do som (criação e recriação digitais de instrumentos musicais) entre outros, não fazem parte do levantamento aqui apresentado.

De modo específico, o procedimento metodológico aqui adotado envolveu a busca por trabalhos acadêmicos, de divulgação científica e didáticos utilizando-se a base de dados Google Acadêmico ou Google Scholar. Essa base de busca foi escolhida em razão da praticidade que oferece, mas também porque fornece resultados de outros repositórios importantes da área, tais como Jstor e Academia.edu. Foram utilizados os seguintes descritores: “*algorithmic composition*”, “*algorithmic music*”, “*generative composition*”, “*generative music*”, “*procedural composition*”, “*procedural music*”, “*meta-creative music*” e

"*meta-creative composition*". No caso do idioma francês, a busca foi feita levando em conta as especificidades dessa língua. Desse modo, também buscamos pelos descritores "*informatique musicale*" e "*musique et ordinateur*". A primeira busca foi realizada sem restrições de datas ou idiomas. A seguir, procedeu-se a leitura preliminar dos resultados obtidos com intuito de realizar uma triagem, excluindo-se os trabalhos que não objetivavam a tratar de aspectos composicionais.

A seleção desses descritores foi motivada por dois fatores que consideramos problemáticos. Primeiro, a mencionada sugestão de Plut e Pasquier (2020, p. 2) de que essas terminologias podem ser intercambiáveis. Segundo, no fato de que nossa leitura prévia mostrou que esses termos, embora tenham origens em áreas diferentes (matemática, linguística, computação, psicologia cognitiva, artes), são usados indistintamente para descrever o mesmo fenômeno no campo da música.

Apesar de a busca com o descritor "algoritmo" mostrar resultados que remontam ao século XIX<sup>8</sup> e continuam até o presente ano<sup>9</sup> (Figura 03), optamos por delimitar o presente artigo em um recorte temporal desde os anos de 1960 até os dias atuais, incluindo, todavia, o artigo do Noam Chomsky (1956), visto que este desempenha um papel fundamental na formulação do conceito "generativo". Deste modo, foram selecionados os textos acadêmicos (incluindo: artigos, livros, capítulos de livros, TCCs, dissertações e teses), lidos e analisados com o foco nas apresentações das terminologias, bem como, os usos e descrições particulares de cada autor.

---

<sup>8</sup>Vide, por exemplo, Lowry, 1875.

<sup>9</sup>A busca realizada em fevereiro de 2024 apresenta 1.390.000 resultados, em qualquer idioma, para o descritor algoritmo. Somente no primeiro mês do ano de 2024 já foram publicados 1430 textos tratando desse assunto na sua relação com a música (Figura 1). É curioso constatar que mesmo tratando-se de um assunto introduzido há séculos, o termo algoritmo parece ainda não ter conseguido estabelecer uma definição consensual. Veja-se, por exemplo, o capítulo de Yiannis Moschovakis, de 2001, com o título: "What is an algorithm?" propondo outra maneira de melhor definir o termo no campo das ciências da computação. Ver também "O uso do conceito de algoritmo em pesquisas brasileiras em música" (De Oliveira, 2020) e diversas inovações no uso de algoritmos na área da música (Edwards, 2011; Prechtl, 2014; Manaris, Stevens & Brown, 2016).

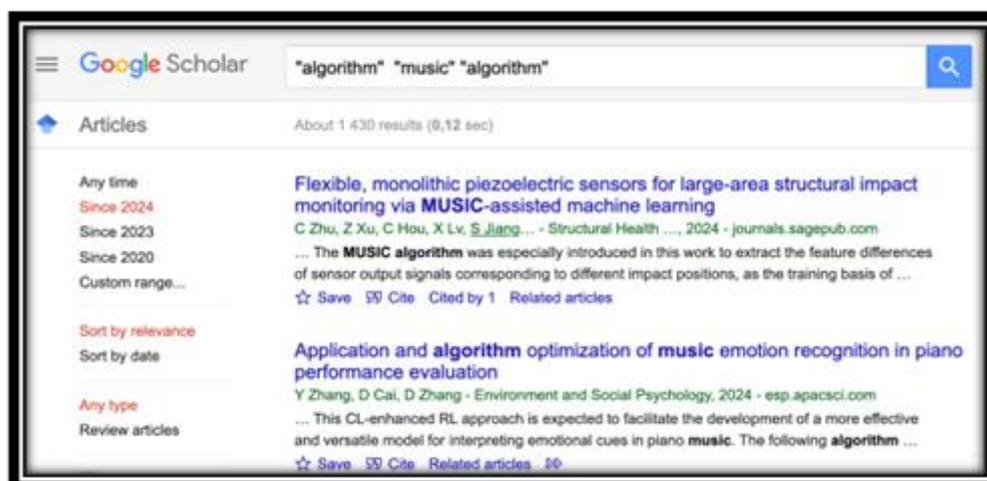


FIGURA 03: CAPTURA DE TELA DA BUSCA REALIZADA NO *GOOGLE SCHOLAR* MOSTRANDO 1430 RESULTADOS PARA O TERMO “ALGORITMO”, EM RELAÇÃO COM A MÚSICA, SOMENTE EM JANEIRO DE 2024.

## 1.2 Observações preliminares

De saída, nota-se que, no domínio da criação musical associada ao uso de computadores, a grande parte da literatura representa as áreas da música eletroacústica e dos *videogames*. A música eletroacústica adquiriu predominância no uso criativo de equipamentos eletrônicos desde, pelo menos, a década de 1950, com as experiências pioneiras de Pierre Schaeffer e Karlheinz Stockhausen. Posteriormente, com o acesso menos restrito a computadores e *softwares*, tarefas como análise, síntese, processamento e modelagens sonoras passaram a valer-se majoritariamente desses recursos. Entretanto, no contexto atual dos *videogames*, devido à característica interativa destes, as músicas são totalmente criadas, manipuladas e/ou reproduzidas utilizando-se algoritmos computacionais e com a mínima intervenção humana (Wooler; Brown, 2005; Collins, 2009; Silva; Corrêa, 2023). Música reproduzida por computador, neste âmbito, refere-se à possibilidade de o computador escolher a partir de um banco sonoro/musical o áudio que vai acompanhar o jogador em um momento específico de jogo. Justamente por conta do acolhimento de distintas técnicas criativas, a indústria dos *videogames* tornou-se um espaço de inovação tecnológica para a composição musical. “Os *videogames* são talvez uma forma de mídia ideal para uma música procedural” (Collins, 2009, p.5), adaptando-se à natureza dinâmica e interativa dos *games*.

Ao lado do que já foi comentado sobre o verbete do Grove em relação à música computacional, é interessante também observar o uso dos outros termos de busca aqui utilizados. Música algorítmica não possui verbete específico, mas a expressão “composição algorítmica” (*algorithmic composition*) aparece em verbetes bibliográficos, tais como “*Lejaren Hiller*” (escrito por Andrew Stiller), pioneiro na música computacional.

Vale já esclarecer que o termo algoritmo não se restringe ao domínio matemático-computacional. De modo genérico, algoritmo pode subentender qualquer conjunto de operações estabelecidas previamente com o propósito de se atingir um objetivo específico. Este objetivo pode ser a resolução de um problema matemático, a logística de transporte para se fazer entrega de mercadorias de maneira otimizada, o mapeamento de redes de comunicação, etc. De acordo com o teórico David Cope (2000, p. 1), justamente em razão dessa abrangência, usa-se algoritmo quando uma atividade qualquer for reduzida a uma série de regras ou instruções que automatize esta atividade. Na música, os algoritmos são empregados de diversos modos e especialmente na composição aparecem de forma variada. A maneira sugerida por Cope para classificação destas formas é observar como o algoritmo participa do processo composicional. Assim, é possível separar duas situações: os procedimentos que fazem e os que não fazem uso de computadores. As composições que se valem do computador permitem ainda outra subdivisão: música composta pelo computador (quando o algoritmo é apto a tomar decisões próprias durante o processo de criação) e a música composta somente com a ajuda do computador.

Não há entrada para “música generativa” no Grove. Porém, o termo generativo aparece em alguns verbetes bibliográficos e nos verbetes: “*Laptop*” (escrito por Edmond T. Johnson), “*Brain-computer music interface*” (autoria de Anne Beetem Acker), além de várias menções no verbete “*Psychology of Music*” (extenso verbete com diversos contribuintes: Diana Deutsch, Alf Gabrielsson, John Sloboda, Ian Cross, Carolyn Drake, Richard Parncutt, Stephen McAdams, Eric F. Clarke, Sandra E. Trehub, Susan O’Neill, David Hargreaves, Anthony Kemp, Adrian North, e Robert J. Zatorre).

Não há verbete “*procedural music*” ou “*procedural composition*”. Contudo, o termo isolado “procedural” aparece em verbetes bibliográficos e recebe algumas menções em textos sobre teoria e análise. Todavia, sua definição mais detalhada não vem da composição, mas aparece relacionada à memória procedural (entrada “*Memory, memorizing*” escrito por Jonathan Dunsby).

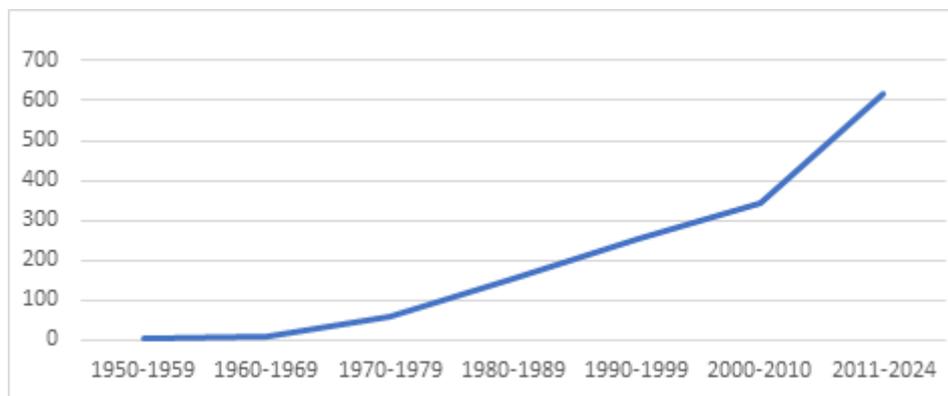
Como já observado, não há verbete “*computer music*”, mas a expressão aparece em diversos verbetes biográficos, como “Max Mathews” (escrito por Olivia Mattis), em verbetes de instituições, tal como “Institut de Recherche et Coordination Acoustique/ Musique” (escrito por Peter Manning).

É possível notar que os livros sobre computação musical (Zattra, 2011; Rondeleux, 1999; Manning, 1985) apresentam, aproximadamente, a mesma estrutura. Os autores traçam um panorama histórico sobre a integração do computador no métier musical, destacando os trabalhos dos pioneiros (Lejaren Hiller e Max Mathews são sempre

mencionados), a grande relevância das instituições promotoras desses experimentos (MIT, Bell Labs), as instituições que se formaram posteriormente (como o IRCAM) na esteira da nova tecnologia que surgia e o ganho expressivo com os implementos da pesquisa interdisciplinar em música. Rondeleux, por seu turno, oferece uma análise detida do impacto trazido pelo computador na área da música ressaltando o definitivo estabelecimento da cooperação entre compositor e técnicos de informática (engenheiro de computação, programadores, etc.). Além disso, mas não menos importante, enfatiza o crescimento exponencial da pesquisa em música, alavancada com a chegada da era digital, na sua interação com outras áreas do conhecimento, tais como matemática, acústica, ciências cognitivas, entre outras. Ainda, Rondeleux prevê, em 1999, que o caminho a ser seguido no contexto da música computacional será a associação criativa entre compositor e máquina. Esse prognóstico pode também ser verificado na forma como Peter Manning renomeou o capítulo de seu livro pioneiro: *Electronic and Computer Music* (1985). Esse livro recebeu duas reedições: 1993 e 2004. O capítulo conclusivo dessas três versões foi assim (re)nomeado: *Conclusion* (1985), *New horizons in digital technology* (1993) e *From computer technology to musical creativity* (2004). Esses novos títulos seguem o sentido apontado por Rondeleux.

Por outro lado, como já mencionado, no Grove há a entrada “*Computers and Music*” (escrito por John Strawn, 2013, e revisado por Alan Shockley). Retomamos esse ponto aqui para enfatizar, em sintonia com a metodologia adotada neste texto, que mesmo não sendo o termo de busca utilizado para fornecer dados para o levantamento aqui proposto, é também interessante notar o alto número de publicações sob o termo “*computer music*”. Restringindo-se a busca no Google Acadêmico ao idioma inglês, nas quais o termo aparece no título, obtêm-se 1450 resultados. Destes, 615 foram publicados de 2011 a 2024 e 341 de 2000 a 2010. Isso mostra que ainda é grande o interesse pelo assunto. O perfil cardinal do incremento de publicações desde 1950 é mostrado no Gráfico 1.

GRÁFICO 01: PERFIL QUANTITATIVO, POR DÉCADAS, DOS RESULTADOS DE BUSCA NO GOOGLE ACADÊMICO, RESTRITA AO IDIOMA INGLÊS, PARA O DESCRITOR “COMPUTER MUSIC” USADO NO TÍTULO DOS TRABALHOS.



Realizando a mesma busca no idioma francês, obteremos: “*musique à l’ordinateur*” = 0 resultados; “*composition musicale par ordinateur*” = 34 resultados; “*informatique musicale*” = 3770 resultados. Destes, 503 resultados estão compreendidos no período de 1960 a 1999 e 3100 de 2000 a 2023 (Gráfico 2). Usando o descritor “*musique et ordinateur*” a busca resulta em 32 publicações (de 1960 a 2024). O perfil do aumento de publicações com esse termo de busca é mostrado no Gráfico 3. Nota-se, além da óbvia preferência pelo termo “*informatique musicale*”, um evidente perfil ascendente no número de resultados a partir de 2000, perfil este em sintonia com os Gráficos 1 e 2, apontando um aumento relevante no número de publicações sobre o tema.

GRÁFICO 2: RESULTADO DA BUSCA COM O DESCRITOR “*INFORMATIQUE MUSICALE*” (3770 RESULTADOS) INDICANDO UMA CONCENTRAÇÃO (3100) DE PUBLICAÇÕES A PARTIR DO ANO 2000.



GRÁFICO 3: PERFIL QUANTITATIVO, POR DÉCADAS, A PARTIR DE 1960, DOS 32 RESULTADOS DE BUSCA UTILIZANDO-SE O DESCRITOR “*MUSIQUE ET ORDINATEUR*”.



### 1.3 Décadas de 1960 e 1980: “Um computador é capaz de compor uma música?”

Atualmente, no contexto extensivo da inteligência artificial, das redes neurais e da deep learning, a pergunta “um computador é capaz de compor uma música?” lançada pelo pesquisador Peter Langston (1989, p.59) parece sem sentido. E talvez a questão já fosse anacrônica ao final da década de 1980, pois os computadores já haviam sido usados com fins composicionais desde 1957, como já comentado. Entretanto, há uma sutileza escondida na interrogação do autor: o grau de participação do ser humano. A pergunta poderia ser refeita para “um computador é capaz de sozinho compor uma música?”. Seis anos depois, Adam Alpern (1995, p. 120), em seu artigo intitulado *Techniques for Algorithmic Composition of Music*, respondeu afirmativamente, oferecendo a possibilidade de se criar uma música automatizada por meio de processos formais e com a mínima intervenção humana. Porém, para Alpern, essa música não estaria exclusivamente interessada no resultado final, mas no processo em si. Essa ressalva aponta para uma diferença inicial entre uma composição algorítmica e uma composição procedural.

De modo geral, toda música computacional implica o uso de algoritmos; porém, o grau de (in)determinação e de liberdade do produto (ou tarefa) final a ser atingido é o

elemento diferencial. Se tomarmos a definição de Papadopoulos e Wiggins (1999, p.110), reformulando a definição de David Cope (1993): "a composição algorítmica poderia ser descrita como "uma sequência (conjunto) de regras (instruções, operações) para resolver (realizar) um problema [particular] (tarefa) [em um número finito de etapas] de combinação de partes musicais (coisas, elementos) em um todo (composição)<sup>10</sup>", percebemos que algoritmo possui um objetivo bem determinado. No caso particular de Cope, por exemplo, o objetivo do algoritmo é gerar músicas em estilos definidos, como barroco ou clássico (Cf: Birchfield, 2003). Esse objetivo também encontra similaridade à tese de Menezes, 2008, "Composição Algorítmica de Fugas ao Estilo de J. S. Bach"). Claro que cada novo uso do algoritmo irá gerar uma obra musical diferente da anterior, mas o estilo será o mesmo, já que essa é a tarefa específica programada. Entretanto, no âmbito da composição procedural, o resultado é flexível, aberto, e não totalmente determinado na origem.

Essa característica das obras procedurais é a mais reiterada nos textos aqui considerados. David Worrall apresenta a seguinte definição: "o processo de construção do procedimental é diferente das abordagens anteriores porque não tenta criar diretamente o 'objeto', mas formulando comandos e procedimentos que descrevem o comportamento de um modelo conceitual. A imagem/som resultante é manipulada conceitualmente através da manipulação dessas regras e seus argumentos<sup>11</sup>" (Worrall, 1994, p.4). Nesse procedimento, a programação (às vezes descrita como scripts para, justamente, distinguir de algoritmo) não especifica o objeto a ser criado, mas informa características e comportamentos esperados e o computador cria algo baseado nesses parâmetros. Como a criação de um objeto artístico é indireta, via modelagem de comandos (e não diretamente, como na programação algorítmica determinística), pode ocorrer que o objeto gerado seja inusitado ou inesperado. Entretanto, esse é um aspecto diferencial da arte procedural, pois qualquer produto criado é válido esteticamente, já que a ênfase está no processo e não no objeto.

No âmbito das artes visuais, Judson Rosebush (autor do Manifesto Procedural), além de reforçar o foco no processo, apresenta um interessante ponto com relação ao fundamento estético da arte procedural, situando-a como uma "evolução histórica natural da arte conceitual processual<sup>12</sup>" (Rosebush, 1989, p.55). Ao estabelecer este vínculo com o

---

<sup>10</sup>No original: "Algorithmic composition could be described as a sequence (set) of rules (instructions, operations) for solving (accomplishing) a [particular] problem (task) [in a finite number of steps] of combining musical parts (things, elements) into a whole (composition)".

<sup>11</sup>No original: *the proceduralist's construction process is different from past approaches in that it does not attempt to create the "object" directly but by formulating commands and procedures that describe the behaviour of a conceptual model. The resulting image/sound is manipulated conceptually by manipulating these rules and their arguments.*

No original: *proceduralism represents a natural, historical evolution from conceptual process art.*

movimento da arte conceitual, o autor evidencia o aspecto de a ideia ser mais relevante que a obra. E, ao direcionar a criação procedural para a subcategoria arte conceitual processual, Rosebush esclarece que não somente o conceito, mas também o processo torna-se parte relevante para a construção da obra e elemento integrante da experiência estética desta.

Essa nova atitude criativa, atribuindo mais flexibilidade ao computador e trazendo o processo ao primeiro plano, produziu discussão no âmbito estético entre os críticos que questionavam o grau ou relevância artística das obras geradas. Embora os compositores estivessem mais interessados em experimentar possibilidades ao implementarem algoritmos, sendo que qualquer resultado gerado pelo computador era considerado válido nesse contexto experimental (Papadopoulos; Wiggins, 1999, p. 110), foram feitas tentativas de referendar a validade estética dessas obras por meio do teste de Turing. Inspirado pela proposição de Alan Turing, foi sugerido que se as músicas criadas por computadores fossem avaliadas por especialistas (sem que estes soubessem como foram criadas ou quem as criou) e se estes não conseguissem perceber diferenças significativas em comparação com outras obras compostas por humanos (sem auxílio do computador), então o sistema havia sucedido. Entretanto, Ariza (2009, p.48) contesta os resultados obtidos com tais experimentos, pois estes testes não avaliam todas as possibilidades do sistema, e como um sistema oferece inúmeras variáveis, as respostas dos ouvintes externos serão sempre limitadas a um número reduzido de possibilidades.

A respeito do uso do termo, a busca realizada, sem restrição de idioma, com o descritor "*procedural composition*" mostrou 317 resultados. Após filtragem, a mesma busca aponta somente 3 ocorrências em idioma diferente do inglês: um em francês, outro em espanhol e outro em português (nenhum destes ligados à área de música). No total geral, em qualquer idioma, o termo começa a aparecer em trabalhos a partir de 1969, mas relacionado à programação. Uma primeira citação no campo das artes surge no relatório interno do MIT de 1979 (Logo Music Projects: Experiments in Musical Perception and Design), escrito por Jeanne Bamberger, sobre um experimento com um jogo musical. Contudo, neste texto a expressão não é usada para definir uma forma de compor ou uma abordagem criativa específica. De 1989 até 1999 ocorrem 63 resultados (21%), sendo vários na área das artes, ressaltando que, em alguns trabalhos, a composição procedural é chamada de teoria da delegação (*delegation theory*). Há diversos trabalhos discorrendo sobre programas de computador para a criação baseada na programação de procedimentos. No período de 2000 a 2023 ocorrem 245 resultados (79%), destes 111 envolvem a criação musical e destes, 80 resultados são na área da *game music*. O Gráfico 4 ilustra a diferença em porcentagem dos trabalhos publicados entre 1989 a 1999 e 2000 a 2023, indicando o

mesmo aumento em publicações comentados nos gráficos anteriores. Modificando-se a busca para “composição procedural” obtém-se seis resultados em português, sendo apenas dois na área da música, ambos da última década e na área do *videogame*. Esses resultados evidenciam que, apesar de a composição procedural ser uma atitude criativa surgida no início da década de 1990, o resgate desse termo pela área do *videogame* alavancou a produção de textos sob essa denominação nas duas últimas décadas.

GRÁFICO 4: RESULTADOS DA BUSCA COM O DESCRITOR “PROCEDURAL COMPOSITION” (SEM RESTRIÇÃO DE IDIOMA) INDICANDO INTENSIFICAÇÃO DE PUBLICAÇÕES A PARTIR DO ANO 2000.



Neste ponto, poderíamos aventar uma diferenciação entre os procedimentos iniciais da composição algorítmica e da composição procedural. O procedimento algorítmico possui um objetivo definido, ou seja, o computador deve criar uma música em um estilo específico, enquanto o método procedural flexibiliza o resultado e centra foco no processo. Na criação procedural, portanto, o programador (seja o próprio compositor ou um técnico) trabalha em um ambiente onde planeja e programa a música para depois se tornar tanto o espectador quanto o crítico desta (Brown; Sorensen, 2009). Adianta-se, entretanto, que, como ver-se-á adiante, essa distinção irá parecer muito próxima à definição de música generativa quando o termo é trazido para o âmbito composicional por artistas como Brian Eno.

#### 1.4 De 1990-2010: O computador pode ser criativo?

Depois de os artistas haverem comprovado que o computador era sim capaz de compor música com a mínima intervenção humana e que essas obras poderiam ser acolhidas no domínio de uma experiência estética significativa, o foco dos criadores foi redirecionado para investigações ligadas à criatividade. A pesquisadora finlandesa Hanna Järveläinen sumariza a problemática dessa maneira:

Tão logo a música pôde ser gerada automaticamente, surgiu a questão: se o resultado de um algoritmo poderia ser chamado de composição. Gerar música automaticamente dentro de uma determinada estrutura de trabalho não é sinal de qualquer criatividade particular; além disso, um número arbitrário de peças poderia surgir do mesmo algoritmo. Talvez o criador do algoritmo deva ser creditado<sup>13</sup>. (Järveläinen, 2000, p.2).

As experimentações ao encontro de uma computação criativa promoveram, entre outras significativas realizações, o resgate do termo generativo conduzindo à chamada “composição generativa”. Esse resgate se deveu, em parte, ao fato de alguns artistas compreenderem uma proximidade entre os conceitos de algoritmo e de processo. Alan Dorin, por exemplo, afirma que “quando um processo cria uma nova entidade, ou provoca novas circunstâncias, é um processo generativo no que diz respeito à(s) mudança(s) que provoca<sup>14</sup>” (Dorin, 2001, p.53).

Apesar de as experimentações em música generativa haverem iniciado em meados da década de 1990 (Brown, 2005), alguns autores tentam remontar os primórdios desse procedimento a épocas bem anteriores. O compositor italiano Riccardo Tristano Tuis compreende que a “obra” Musikalisches Würfelspiel (Jogo Musical com Dados, 1787) de W. A. Mozart pode ser considerado o primeiro algoritmo de composição generativa (Tuis, 2010, p.25). Já Giuliano Lombardo remonta o pioneirismo “generativo” a 1026 com o procedimento criado por Guido d’Arezzo (também mencionado por Järveläinen, 2000, p. 2), esclarecendo que “por composição automática entendo a formalização de um procedimento que gera uma composição sem necessidade de posteriores contribuições do autor além da definição inicial das regras generativas<sup>15</sup>” (Lombardo, 2010, p.2). Embora esses autores estivessem envolvidos em aspectos históricos, esses comentários já indicam duas características enfatizadas nos trabalhos sobre “composição generativa” consultados: a produção de eventos irrepetíveis e a função limitada do compositor – este participa com a concepção e a escrita do processo (como o algoritmo é por vezes denominado) que depois de implementado já pode prescindir não somente do compositor, mas de outros agentes, como músicos, produtores, artistas (Biles, 2002; Brown, 2005).

---

<sup>13</sup>No original: *But as soon as music could be generated automatically, the question arose, whether the outcome of an algorithm could be called a composition. Generating music automatically within a given structural framework is not a sign of any particular creativity, furthermore, an arbitrary number of pieces could be popped out of the same algorithm. Perhaps the maker of the algorithm should rather be credited.*

<sup>14</sup>No original: *When a process creates a new entity or brings about novel circumstances, it is a generative process with respect to the change(s) it brings about.*

<sup>15</sup>No original: *Per composizione automatica intendo la formalizzazione di una procedura che generi una composizione senza bisogno di ulteriore apporto da parte dell'autore se non quello della definizione iniziale delle regole generative.*

Imbuídos também de um interesse histórico, Boden e Edmonds publicaram um artigo que, como já indicado no título, intencionava esclarecer o que é arte generativa, propondo também taxonomias para outras vertentes na intersecção entre arte e tecnologia: "What is generative art?" (2009, p. 21). Os autores apresentam nesse texto uma distinção entre Arte Generativa (G-art) e Arte Generativa Computacional (CG-art). Ao proporem essa diferenciação, eles compreendem na arte generativa a mesma possibilidade acima descrita para a música algorítmica, ou seja, ambos os procedimentos podem prescindir do uso do computador (ver também: Galanter, 2003, p. 146). Os mesmos autores trazem ainda outro dado histórico ligado à área das artes, a saber, a realização da primeira exposição com termo "generativo" usado conectando arte e computação: *Generative Computergraphik* ocorrida em Stuttgart em 1965 (Boden; Edmonds, 2009, p. 21). Três anos depois, o pioneiro alemão na arte computacional, Georg Nees publicaria a primeira tese, com o mesmo título da exposição, sobre arte gerada por computador (Nake, 2018, 277).

É comumente creditado ao artista britânico Brian Eno a difusão do termo música generativa (Lombardo, 2010; Brown, 2005). Após ter utilizado, em 1995, o programa chamado Koan Pro, criado pela companhia SSEYO (desde 2007 *Intermorphic*), Brian Eno lançaria em 1996 "*Generative Music 1 – with SSEYO Koan Software*"<sup>16</sup>. Tratava-se de um disquete (floppy disk) contendo 12 peças generativas de Eno, incluindo também um soundcard. Posteriormente, Brian Eno criaria seu próprio app de música generativa batizado por ele *Reflection* (Eno, 2009). No documentário "*Brian Eno – In Conversation*" (2009)<sup>17</sup>, Eno define música generativa como "um estoque limitado de material que está sendo recombinação, misturado e emerge em diferentes formas". Ele esclarece que a função do artista não é produzir obras, mas inventar um sistema que produza obras. Depois de criado, o sistema continua produzindo infinitas (re)combinações que são percebidas como novas (já que os resultados não são repetidos), mas preservam uma familiaridade sonora perceptível.

As buscas realizadas com o descritor "música generativa" e "composição generativa" dão resultados distintos, o que indica que ambos os termos têm utilizações específicas. No entanto, algumas observações são necessárias. Na maioria dos textos sobre "composição generativa" a expressão "música generativa" também aparece. Em quaisquer dos idiomas pesquisados, o termo "música generativa" oferece muito mais resultados que "composição generativa", apontando assim para uma preferência por aquele

---

<sup>16</sup>Informações disponíveis no site da Intermorphic:

<https://intermorphic.com/archive/sseyo/koan/generativemusic1/>

<sup>17</sup>Informações disponíveis no site da Intermorphic:

<https://intermorphic.com/archive/sseyo/koan/generativemusic1/>

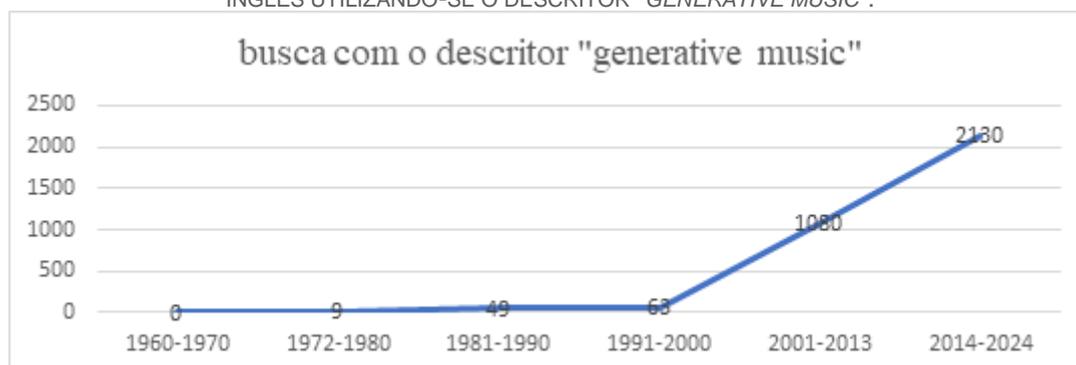
termo. As buscas com ambos os descritores indicam um aumento significativo da produção a partir do ano 2000. Com a exceção do idioma português, há uma quantidade expressiva de textos na área do *videogame* (Quadro 1), indicando que, embora incipiente nos países lusófonos, os pesquisadores têm uma área fértil ainda carente de investigações.

QUADRO 1: DEMONSTRATIVO DOS RESULTADOS DE BUSCA PARA O DESCRITOR “MÚSICA GENERATIVA”, CLASSIFICADOS POR IDIOMAS E EM DOIS PERÍODOS, SEGUIDO DA PORCENTAGEM DO TOTAL NA ÁREA DOS VIDEOGAMES.

Descritor	1960 - 2000	2001 - 2024	Refinamento	Porcentagem após delimitação
Música generativa	3	73	<i>Videojuegos</i>	47 (64%)
Musique generative	2	36	<i>Jeux vidéo</i>	23 (63%)
Musica generativa	3	29	<i>Videogiochi</i>	21 (72%)
Música generativa	0	56	<i>Videogames</i>	21 (37,5%)

A busca restrita ao idioma inglês com o descritor “*generative music*” dá 3450 resultados, sendo 3220 de 2001 a 2024 e 121 no período de 1960 a 2000. O Gráfico 5 ilustra o perfil cardinal do aumento da produção separados por décadas. Embora a busca, restrita ao idioma inglês, com o descritor “*generative composition*”, assim como nos outros idiomas, ofereça menos resultados (382), é possível observar o mesmo perfil de incremento de textos nas duas últimas décadas além de uma quantidade expressiva de trabalhos na área dos *videogames* (ou *game music*), a saber: 215 resultados, correspondendo a 56% do total geral. Os resultados para “*generative composition*” são assim classificados por décadas: 1960 a 1970 = 2; 1971 a 1980 = 3; 1981 a 1990 = 9; 1991 a 2000 = 13; 2001 a 2013 = 131; 2014 a 2024 = 215.

GRÁFICO 5: PERFIL QUANTITATIVO, POR DÉCADAS, DOS 3450 RESULTADOS DE BUSCA LIMITADA AO IDIOMA INGLÊS UTILIZANDO-SE O DESCRITOR “*GENERATIVE MUSIC*”.



Outra dedução possível a partir do levantamento realizado é o resgate do termo “música generativa” a partir do ano 2000, passando a ser amplamente utilizado pelos pesquisadores trabalhando com a criatividade computacional. Além disso, o termo passa a ser reutilizado de modo interdisciplinar, por exemplo: na criação de programas (Järveläinen, 2000; Dorin, 2001; Biles, 2002), expandindo campos da criação automatizada de modo a acolher outros domínios cognitivos (emoção, Birchfield, 2003; psicologia da percepção da forma, Collins, 2009), no campo da teoria e análise (Hamanaka; Hirata; Tojo, 2006; Boden; Edmonds, 2009; Meneguette, 2011), na área da composição musical para filmes (Hedemann; Sorensen; Brown, 2008); sonificação (Al-Rifaie, 2015); na dança (Carlson, 2016); resgatando os conceitos linguísticos apresentados por Chomsky em 1956 (Wooler, 2005; Meneguette, 2011; Naddeo, 2014); na relação com a performance ao vivo, notação musical e música eletroacústica (Eigenfeldt, 2014); métodos generativos como forma de avaliação dos próprios sistemas generativos musicais (Yang; Lerch, p. 2, 2018). Por fim, também ocorre em estudos sobre os impactos perceptuais trazidos com a música generativa nos quais os autores investigam a renovação da escuta implicada nessa nova atitude compositiva. Um desses trabalhos vem da cantora e pesquisadora irlandesa Michelle O’Rourke que em sua tese intitulada *The Ontology of Generative Music Listening* (2014) propõe a seguinte definição para o termo: “música generativa pode ser definida, grosso modo, como uma prática composicional que coloca em movimento um sistema com algum grau de autonomia que, por sua vez, resulta na geração musical complexa<sup>18</sup>” (O’Rourke, 2014, p.2). Observa-se que essa definição é muito próxima à definição oferecida por Philip Galanter (2003, p.4), certamente a definição mais citada para o termo arte generativa.

Sobretudo na área dos jogos eletrônicos, observa-se que a incorporação do termo "generativo" ocorreu pela intenção de compositores e *game designers* desenvolverem métodos que permitissem ao computador gerar resultados realistas e cada vez mais próximos aos encontrados no ambiente natural (como o fluxo do vento, movimentos e colorações do fogo, sonificação de ambientes, etc.) e no comportamento humano (as diferentes atitudes corporais e formas de expressão verbal). Nota-se, assim, que o procedimento adotado implica na existência de um objetivo a ser atingido (separando-se do método procedural, que permitia resultados não direcionados ao cumprimento de uma tarefa específica), entretanto, a consecução desse objetivo deve contemplar soluções irrepetíveis.

Não obstante o crescente número de publicações sobre música generativa, os autores não chegaram a um consenso sobre uma definição precisa do termo. Como a

---

<sup>18</sup>No original: *Generative music can be broadly defined as a compositional practice which sets a system in motion with some degree of autonomy which in turn results in a complex musical generation.*

preferência na área dos *videogames* é pelo termo “composição procedural” (vide adiante), porém aplicando métodos que poderiam ser denominados de generativos, a confusão aumenta. Wooler, por exemplo, comentando sobre Brian Eno, aponta que uma das características da música generativa é “ser procedural, ou seja, uma música criada através de processos mediados e executados por computador” (Wooler, 2005, p. 109). Nesse entendimento, a música generativa englobaria a procedural, mas não o contrário. Plut e Pasquier (2020) apresentam um “estado da arte” da música generativa no ambiente dos *videogames*. No amplo levantamento que realizaram, eles comentam a afirmação de Karen Collins de que no *videogame* todas as músicas são, de certa forma, procedurais. Todavia, os autores utilizam o termo “generativo” como sinônimo de “procedural”. A seguir oferecem a seguinte definição:

Música generativa é a música criada por meio de automação sistêmica e, às vezes, é chamada de música procedural, metacriação musical ou música algorítmica. Esses termos são sobretudo sinônimos e podem ser usados de forma intercambiável, mas nós iremos usar “música generativa” para simplificar<sup>19</sup> (Plut; Pasquier, 2020, p.2).

Guiados por essa definição, os autores concluem que o citado “Jogo Musical com Dados” de Mozart trata-se de uma peça adaptativa, mas não é generativa, procedural ou algorítmica. Nessa perspectiva, se a música não pode ser separada do jogo, então não possui autonomia sistêmica e, conseqüentemente, não pode ser classificada como generativa (Plut; Pasquier, 2020, p. 2). Todavia, esse entendimento apresenta um viés e poderia ser contestado considerando-se que o objetivo do “Jogo Musical com Dados” é conseguir criar a música (seguindo as regras prescritas pelo programador do algoritmo, neste caso, Mozart). Como todo jogo demanda que um objetivo seja atingido, condição também verificada no caso de Mozart, não haveria justificativa para uma necessária independência entre música e jogo como existe em outros jogos modernos. Em vista disto, a afirmação dos autores só se sustentaria se estivesse delimitada ao contexto dos jogos digitais. Mas, mesmo assim, talvez venham a existir (ou talvez já existam) exceções. É necessário ressaltar, entretanto, que o artigo de Plut e Pasquier versa sobre música generativa exclusivamente no contexto dos *videogames*. Assim, o estado da arte por eles proposto seria mais precisamente descrito como um levantamento de sistemas generativos desenvolvidos ou empregados no âmbito dos *videogames* – os autores identificam e analisam 34 sistemas generativos para composição de música para *videogames*.

---

<sup>19</sup>No original: *generative music is music that is created via systemic automation, and is sometimes called procedural music, musical metacreation, or algorithmic music. These terms are mostly synonymous and can be used interchangeably, but we will use “generative music” for simplicity.*

A partir do levantamento aqui realizado, outra dedução possível é a retomada do termo generativo no contexto da indústria de jogos digitais em decorrência da necessidade da criação contínua de músicas diferentes durante o jogo. Esse problema foi solucionado com o desenvolvimento dos chamados autômatos celulares (Järveläinen, 2000, p. 2), dos algoritmos genéticos e evolutivos que, por sua vez, motivou alguns autores a demandarem como característica das músicas generativas esse aspecto evolutivo (também chamado de biológico). A combinação de diversos métodos (matemáticos, evolutivos, gramaticais – Papadopoulos; Wiggins, 1999, p. 110) e técnicas (Langstom, 1989, p. 59) viabilizou a modificação de parâmetros musicais em tempo real durante o jogo. Como a quantidade de músicas a serem criadas previamente por procedimentos composicionais convencionais é muito grande levando-se em conta o alta interatividade dos *games* (Silva; Corrêa, 2023, 122), a solução foi delegar ao computador a geração dessas novas peças durante o jogo. Dessa maneira, uma outra característica da composição generativa é a comentada função do compositor limitada ao momento da implementação do sistema que, posteriormente, dispensa a atuação deste e dos demais artistas envolvidos. Isso foi conseguido em grande parte com o uso dos algoritmos determinísticos (oferecendo um maior controle sobre o resultado final) em substituição aos estocásticos – que devido ao alto grau de aleatoriedade envolvido, torna impossível a previsão do resultado (Järveläinen, 2000, p. 2).

### 1.5 A partir de 2010: Cognição expandida

Maurice Conti, em sua palestra no TED *Talks* (2016), contextualizou os avanços da área da computação e formulou aquilo que para ele seria o caminho definitivo na parceria humano-máquina: a cognição ampliada. Nesse cenário, o sentido a ser trilhado na área da aprendizagem profunda (*deep learning*) das inteligências artificiais seria em direção à intuição. Não se trata, portanto, de produzir um programa que permita ao computador ser criativo, mas sim, de possibilitar que este aprenda com os seres humanos a tomar decisões baseadas na intuição. Conti denominou esse próximo estágio de cognição aumentada (*augmented cognition*). Ele esclarece que se trata de uma via de mão dupla, onde computadores aprendem com humanos que, posteriormente, terão seu aparato cognitivo também ampliado. Conti, definiu este estágio como o momento de colaboração entre humanos e computadores em que “as tecnologias amplificam nossas habilidades cognitivas para que possamos imaginar e projetar coisas que estavam simplesmente fora do nosso alcance como simples e velhos humanos não aumentados<sup>20</sup>” (Conti, 2016, 7’:40”). O sentido

---

<sup>20</sup>No original: *technologies amplifying our cognitive abilities so we can imagine and design things that were simply out of our reach as plain old un-augmented humans.*

da inteligência artificial intuitiva (ou computação intuitiva) e o grau de autonomia dos algoritmos é ilustrado na Figura 04, na qual percebe-se novamente o reuso do termo generativo como o contexto de maior liberdade decisiva para o algoritmo.

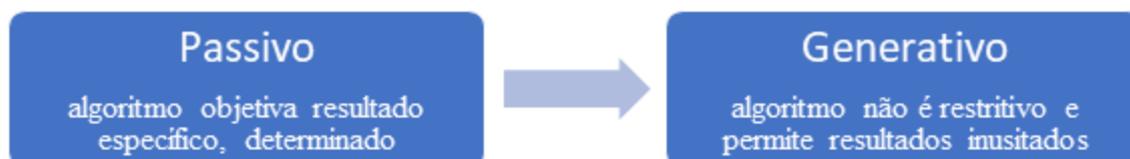


FIGURA 04: SENTIDO PROPOSTO POR MAURICE CONTI PARA A COMPUTAÇÃO INTUITIVA.

As demonstrações e prognósticos de Maurice Conti (confirmando o que Rondeleux, 1999, havia antecipado), indicando a reatualização dos procedimentos generativos envolvendo a sinergia humano-máquina, visam ao esclarecimento do que ele chamou de computação intuitiva. Todavia, esse procedimento colaborativo entre pessoas e IA é também denominado de metacriatividade. Especificamente na área da música, adota-se música metacriativa e metacriação musical (*musical metacreation*).

Notadamente, a partir da última década, (vide Gráfico 6) um grupo de criadores de sistemas musicais interativos e compositores ligados à área do *videogame* iniciou o movimento *Musical Metacreation* (MuMe). Desde então, o número de experimentações e consequentes publicações aumentou exponencialmente. Esses experimentos têm o objetivo de desenvolver programas computacionais criativos para a criação de música para *videogames*. Obviamente, a partir dessa ideia inicial, outros compositores passaram a também utilizar esses sistemas em outros contextos musicais mais convencionais, não restritos aos jogos digitais. Um dos promotores desse procedimento criativo interdisciplinar, o pesquisador Philippe Pasquier (com mais de 200 publicações na área de computação e artes) define a metacriação musical como:

um subcampo da criatividade computacional que se concentra em dotar as máquinas da capacidade de realizar tarefas musicais criativas, tais como composição, interpretação, improvisação, acompanhamento, mixagem, etc. Ela cobre todas as dimensões da teoria e prática de sistemas computacionais generativos musicais, que vão desde abordagens puramente artísticas até abordagens puramente científicas, incluindo discursos relevantes para este tópico das humanidades<sup>21</sup> (Pasquier, 2017, p.1).

<sup>21</sup>No original: *a subfield of computational creativity that focuses on endowing machines with the ability to achieve creative musical tasks, such as composition, interpretation, improvisation, accompaniment, mixing, etc. It covers all dimensions of the theory and practice of computational generative music systems, ranging from purely artistic approaches to purely scientific ones, inclusive of discourses relevant to this topic from the humanities.*

No âmbito das pesquisas direcionadas à interação entre humanos e computadores, o próprio conceito de criatividade teve que ser revisto (Agres; Forth; Wiggins, 2016; Carnovalini, 2019). Similarmente, os pesquisadores estabeleceram a distinção entre Inteligência Artificial e Criatividade Computacional, compreendendo esta como a busca por sistemas nos quais não existe um resultado melhor ou uma solução ideal para determinado problema ou tarefa a ser executada. No caso específico das artes, por exemplo, esse aspecto se verifica na tentativa de criar coreografias, poesias, pinturas e músicas. Estas “tarefas” não permitem ser reduzidas a um único resultado ótimo ou mais eficiente, pois envolvem preferências estéticas ao invés de resultados objetivos racionalizáveis (Pasquier, 2017, p. 1).

Considerando as publicações na área da metacriação musical, ficam evidentes os pontos de convergência entre os autores: todos concordam que a metacriatividade musical é uma subárea da criatividade computacional (envolvendo, assim, deep learning e vidas artificiais) direcionada à composição musical (Tatar; Pasquier, 2019; Pasquier, 2017). Todos enfatizam tratar-se de um campo científico e interdisciplinar (Carnovalini, 2019, p. 124). Todos apresentam definições similares para o movimento (Eigenfeldt, 2013; Pasquier, 2017; Bodily; Ventura, 2018). A maioria ressalta que a metacriação musical faz uso de procedimentos generativos (Agres; Forth; Wiggins, 2016, p. 1). Todos enfatizam a participação ativa do computador no processo criativo (Eigenfeldt, 2013, p. 40).

Ao lado dessas convergências, podemos também perceber grande proximidade entre a essência (ou fundamento) da metacriação musical com a computação intuitiva apresentada por Maurice Conti. A distinção a ser feita é que Conti considerava o campo da criatividade computacional como um todo, enquanto a MuMe é direcionada especificamente à composição musical.

Na busca realizada com o descritor “*musical metacreation*” obtivemos 678 resultados para todos os idiomas (302 na área do *videogame*). Destes, quatro são textos em português e todos a partir de 2015; porém, somente dois trabalhos poderiam ser considerados como pertencentes, de fato, à área da metacriatividade musical. Isso ocorre porque o Google Scholar inclui na busca as referências utilizadas pelos autores. Daí decorre que, mesmo que o autor de determinado texto não tenha discutido a metacriação musical, tampouco analisado obras criadas sob este procedimento, mas apenas citado algum trabalho da área, esse texto aparecerá nos resultados de busca. Esse aspecto também foi notado em alguns dos textos nos idiomas francês, italiano e espanhol. Os resultados para estes outros idiomas foram: sete publicações em francês (todos a partir de 2015), cinco em espanhol (todos a partir de 2020) e um em italiano (2020). Nota-se, evidentemente, que a maioria absoluta dos trabalhos publicados são em inglês e iniciando a partir de 2006. O

perfil cardinal dos resultados obtidos com o descritor “*musical metacreation*” é ilustrado no Gráfico 6 separado por quinquênios. Vale ressaltar que a diminuição dos trabalhos entre 2021 a 2024 se deve ao fato de ainda estarmos no início do ano de 2024. Assim, o perfil deve continuar ascendente, ultrapassando o número de publicações do quinquênio anterior. Isso aponta para o aumento do interesse por pesquisas nessa área.

GRÁFICO 6: PERFIL QUANTITATIVO DOS 678 RESULTADOS PARA A BUSCA, EM QUALQUER IDIOMA, COM O DESCRITOR “*MUSICAL METACREATION*”. NÃO HÁ RESULTADOS PARA O PERÍODO ANTERIOR AO ANO 2006.



## 1.6 Considerações sobre o capítulo

A partir do levantamento bibliográfico realizado, é possível identificar um claro percurso desde o início da música computacional: a busca pela autonomia do computador no âmbito dos sistemas compositivos. Como toda música computacional é algorítmica (uma vez que o sistema operacional do computador e os programas instalados são codificados em algoritmos), mas nem toda música algorítmica vale-se do computador, programadores foram buscando formas mais precisas para denominar os procedimentos desenvolvidos e adotados na música algorítmica. Dessa maneira, guiados pela intenção de dotar a máquina com maior independência do agente externo e com liberdade para realizar tarefas oferecendo resultados menos restritivos, os artistas e programadores foram renovando e ou substituindo procedimentos que ora se aproximavam ora se afastavam.

Assim, a primeira fase da música algorítmica (décadas de 1950 a 1970) atingiu o objetivo de fazer o computador compor uma música. É interessante observar que a música, nesse contexto, pode ser considerada sob a perspectiva ontológica de um problema formal (Liu; Ting, 2016, p. 2), permitindo, assim, a aplicação de abordagens para encontrar solução para esse problema, conduzindo à automatização e criação de músicas algorítmicas. Todavia, neste domínio, ainda era necessária muita participação do compositor (ou programador).

Ao atingir esse objetivo, o “problema” passou a ser o nível de dependência do computador. A música procedural conseguiu dar um passo adiante no sentido de dar mais liberdade aos resultados conseguidos com um algorítmico mais flexível. Neste sentido, os

algoritmos procedurais eram instruídos não para atingirem um objetivo determinado, mas para criarem um produto (música ou pintura, por exemplo) baseados na descrição do comportamento de um modelo conceitual desejado. Desse modo, importava mais o processo em si do que os trabalhos realizados. Vencida essa etapa, a busca seguinte visou à independência total do computador, levando a uma nova fase com o uso dos algoritmos generativos.

A arte generativa pode, em certa medida, ser compreendida como uma derivação da gramática generativa proposta por Chomsky. Ambas compartilham pontos em comum, como a capacidade de partir de um conjunto finito de regras e gerar uma vasta gama de resultados diferentes. No entanto, divergem no sentido em que a gramática generativa centra foco na análise (decompõe as sentenças para encontrar as estruturas linguísticas basilares capazes de fornecer a gramática geradora do idioma), enquanto a arte generativa concentra-se na criação (Nadeo, 2014, p. 27). Porém, ambas fizeram uso de conceitos biológicos ou evolutivos, uma vez que Chomsky advogava pela existência de um aparato cognitivo inato e genético viabilizador da linguagem. Os artistas que adotaram procedimentos generativos, por seu turno, fazem intensivo uso dos algoritmos evolutivos visando resultados nos quais as melhores soluções suplantem as soluções menos satisfatórias.

O reuso do termo generativo, sobretudo a partir do ano 2000, constituiu uma subárea da arte chamada de arte generativa, que visava maior autonomia ao computador no processo criativo. Essa função limitada do compositor satisfaz, também, uma demanda da indústria de jogos digitais, nos quais há a necessidade de se criar muitas obras para atender as inúmeras possibilidades interativas de um jogo. Os procedimentos de criação generativos solucionam vários problemas de criação musical no momento do jogo, são processados velozmente e ainda economizam espaço de armazenamento.

O próximo passo no percurso em direção à independência sistêmica foi justamente desenvolver maneiras de possibilitar ao computador gerar resultados que pudessem ser considerados criativos. O movimento de metacriação musical tem desenvolvido intensa pesquisa nessa área. Entretanto, parece que a busca por uma autonomia absoluta do computador em relação ao compositor deixou de ser prioritária. A tendência na área aponta para ações sinérgicas colaborativas entre humano e computador de modo a conseguir resultados imponderáveis para tarefas complexas que não permitem solução racionalizável. A parceria entre humanos e computadores levaria a um estágio ulterior no qual os computadores produziram soluções passíveis de serem consideradas de

base intuitiva (não restritas aos parâmetros lógicos) e os humanos teriam seu aparato cognitivo ampliado.

A partir dessas considerações, poderíamos sugerir a seguinte diacronia, no contexto da música computacional, para os usos dos termos algoritmo, generativo, procedural e metacriativo:

**Algoritmo** – uso anterior ao surgimento do computador. A partir de 1957, passa a referir-se ao procedimento no qual o computador realiza a tarefa de compor uma música, mas o objetivo é atingido com grande participação do agente humano. Não obstante, nota-se que algoritmo é ainda muito utilizado como um termo guarda-chuva nas pesquisas envolvendo música computacional. É possível mesmo observar que música algorítmica torna-se quase sinônimo da música criada e assistida pelo computador.

**Procedural** – os algoritmos tornam-se menos restritivos quanto à tarefa a ser realizada. Assim, o foco passa a ser o processo e não somente o produto. O computador consegue gerar resultados musicais inusitados, com menor dependência do agente humano.

**Generativo** – algoritmo visa a produção de eventos irrepetíveis com função limitada do compositor. Os algoritmos determinísticos e passivos cedem lugar aos algoritmos não restritivos. Os resultados já podem ser considerados como criativos.

**Metacriação musical** – interação entre computador e o agente humano em que o computador gera resultados criativos (com base também na intuição) e o agente humano tem sua cognição ampliada.

Apesar do surgimento de novos procedimentos, vale mencionar que não há uma supressão ou eliminação de uma técnica por outra. Os novos procedimentos aperfeiçoam os anteriores e há a proposição de nova terminologia de modo a melhor defini-los. Entretanto, a aplicação de procedimentos anteriores não desaparece totalmente. O termo pode ficar em desuso por um período e reaparecer algum tempo depois com um sentido transformado. Por exemplo, em relação ao termo música algorítmica, dentre o grande número de pesquisas mencionadas no início deste artigo, poderíamos acrescentar o uso atual de algoritmos composicionais a partir de captura de emoções medidas por EEG (Kirke; Miranda, 2011). Algoritmos voltados ao ensino de composição para não músicos (Marchini, 2016). Algoritmos direcionados ao uso da música com fins terapêuticos (Raglio; Vico, 2017). O termo generativo caiu em desuso nas décadas de 1980 e 1990 para ser resgatado de maneira renovada no contexto da computação criativa a partir do ano 2000.

Por fim, é possível observar que as considerações aqui realizadas devem ser compreendidas no âmbito processual e não estanque. Nessa perspectiva, a guisa de ilustração, nota-se um movimento crescente desde o ano de 2011 que reusa o termo

procedural, este movimento é denominado geração de conteúdo procedural ou PCG - Procedural Content Generation (Togelius, 2011, p. 171). Trata-se de geração de conteúdo dentro de um jogo digital com uma contribuição limitada ou inexistente de assistência humana. As pesquisas em PCG inserem-se em um subcampo das pesquisas em inteligência artificial (Smith, 2015). Nota-se que o PCG concentra-se em um conjunto de normas, métodos e técnicas compiladas para auxiliar o desenvolvedor digital, inclusive de músicas individuais ou trilhas sonoras completas para um *videogame* (Oliveira, 2015; Shaker; Togelius; Nelson, 2016; Castro, 2017). A quase totalidade das pesquisas envolvendo PCG ocorre na área dos jogos digitais. Alba Amato (2017, p. 25), esclarece que o PCG surge como uma solução eficiente para reduzir custos na produção industrial de jogos, pois os conteúdos procedurais criam narrativas, aumentam a quantidade de horas de *gameplay* e podem, inclusive, gerar jogos com duração infinita.

Em vista disto, percebe-se que as transformações, usos, desusos e reúsos das terminologias aqui consideradas devem ser compreendidas não como impasses, mas como processos conceituais dinâmicos.

## Capítulo 2 - Recorrência e espacialidade em *videogames*: A construção de um procedimento de categorização de áudio dinâmicos em *videogames*

### 2.1 Notas introdutórias do capítulo

Construir uma experiência interativa com alto grau de imersão em um ambiente digital é um desafio, em parte devido à dificuldade de criar interações complexas que envolvam uma percepção multimodal, a qual dialogue de forma congruente com os critérios artísticos e técnicos do complexo contexto dos *videogames*. Essa dificuldade possivelmente está relacionada à construção de representações de ações, um processo que envolve, em sua raiz, a elaboração e criação de uma experiência integrada entre música e imagem.

Nesse sentido, há um objetivo último na criação de construções visuais e sonoras para sistemas digitais interativos: contribuir para a imersão na experiência de uso destes mesmos sistemas (Collins, 2013, p. 2). Sendo que, o áudio interativo normalmente é um produto comercial, que deve garantir, a partir da própria construção da imersão, um alto grau de adesão por parte do público, gerando muitas horas de usabilidade. Adotamos então, que um sistema dinâmico, que sempre muda e se adapta às ações do usuário, pode ajudar a garantir maior diversão e interesse do público-alvo, abrindo novos campos de atuação e se tornando uma característica explorada especialmente por desenvolvedores de *videogames*.

Complementando, se considerarmos estritamente os *videogames*, é possível entender que, quanto menos realistas forem as imagens, mais essencial se torna o papel da música e dos efeitos sonoros na comunicação de significados (Cohen, 2000, apud Munday, 2007, p. 51). Dessa forma, a construção do áudio presente em uma experiência digital interativa requer um cuidado especial na sua idealização e criação, uma vez que são os sons que conferem uma parte da sensação de imersão às ações do jogador. Essa relação de complexidade se deve ao fato de que os ambientes digitais gerados por computador não possuem sons naturais, destacando assim, que todo som contido em um *game*, por exemplo, é fruto de um processo de criação e implementação de uma trilha de áudio (Munday, 2007, p. 51).

Concomitantemente, da mesma forma que os sons do ambiente são cruciais para o sucesso de uma experiência positiva proporcionada por um *game*, a música também desempenha um papel de extrema importância na construção da imersão. Podemos afirmar, então, que a mudança na música que acompanha a aventura do jogador afeta diretamente a

experiência vivida durante o *gameplay*, enfatizando a importância de escolhê-la adequadamente, pois, dependendo da escolha, o *gameplay* pode ser prejudicado (Wharton; Collins, 2011, p. 2). Portanto, é razoável compreender que a música influencia a percepção da imagem, e, por sua vez, a imagem influencia a percepção da música (Wharton; Collins, 2011, p. 2). Complementando ainda, ruídos excessivos e demais fora de contexto, como ruídos brancos, podem dificultar a compreensão de uma imagem digital (Rojas, 2012, p. 386).

Na intenção de criar correlações significativas, o procedimento de análise que será apresentado nas próximas seções tem como objetivo discriminar como e o quanto um áudio muda ou se transforma em relação a três categorizações. São elas: **espaço** virtual do jogo, à **temporalidade** e à possível **rejogabilidade**, permitindo assim uma categorização do áudio estudado.

Nesse contexto, o espaço virtual do jogo refere-se à interface interativa apresentada ao usuário, sendo um fator importante por abrigar grande parte da narrativa proposta. O tempo do jogo representa a relação temporal em que os eventos acontecem em uma partida de *videogame*; a interatividade emerge em uma relação intrínseca a temporalidade. E, não menos importante, abordamos como e o quanto o áudio muda em uma rejogabilidade, que é o ato de jogar novamente um jogo inteiro ou parte dele.

Essas questões levantadas culminam no fato de que a percepção multissensorial pode agrupar vários estímulos, transformando-os em uma única experiência, como o ato de tocar uma campainha, onde o tato e a audição se tornam indissociáveis (Kohlrausch; Van de Par, 1999, p. 34). Sendo assim, e partindo dos princípios apresentados brevemente nesta seção, que destacam a importância da construção do áudio como uma parte integrada de uma mídia interativa, o presente capítulo propõe um procedimento que discrimine o nível de recorrência do áudio implementado em um jogo digital em relação ao seu espaço virtual. Para isso, dividiremos este trabalho em cinco seções: (1) **Notas introdutórias**, (2) **Apontamentos sobre uma música criada e adaptada para videogames**, (3) **Procedimento de análise**, (4) **Resultados obtidos** e (5) **Discussão**.

## **2.2 Apontamentos sobre uma música criada e adaptada para videogames**

"Um jogo pode ser entendido como um sistema baseado em regras que gera resultados variáveis e quantificáveis, nos quais diferentes resultados são atribuídos valores distintos. O jogador então se esforça para influenciar e modificar esses resultados a seu favor, enquanto se sente emocionalmente conectado ao processo e ao sucesso ou fracasso

de seu envolvimento no ato de jogar<sup>22</sup>" (Juul, 2006 p.36). Portanto, e em parte, compor a trilha sonora de um *videogame* - entendida aqui como o projeto de áudio integral do jogo - é contribuir para a materialização de um ambiente interativo criado em um sistema fechado e programado via algoritmo em uma plataforma digital. Paralelamente, e de forma integrada, a criação do som também ajudará a materializar a narrativa depositada no *game*, narrativa esta que é apresentada através da criação de uma interface interativa, possuindo imagem, som e mecânicas.

Um termo frequentemente utilizado na literatura que aborda a relação entre música e *videogames* é a "*videogame music*" (ou *vg music*), e é comumente percebida como um gênero musical. Entretanto, inicialmente, o termo se referia ao conceito de "chiptune" (Collins, 2005; Munday, 2007), que se baseava nos timbres e nas peculiaridades técnicas da música dos consoles de *videogame* até a década de 1990. Atualmente, essa distinção entre gêneros musicais já não faz tanto sentido, pois, a partir da adoção de mídias como o CD, qualquer estilo ou gravação musical pode ser incorporado em jogos digitais. Uma forma mais precisa de se entender esse termo seria, portanto, aquela que se refere à música criada e/ou adaptada especificamente para *videogames*, mudando o foco da forma para a função (Munday, 2007, p. 51).

Munday descreve a música criada e adaptada para *videogame* como uma série de padrões de sons e silêncios gerados pelo *software* de um *game*. Dessa forma, quando combinados com outros recursos sensoriais, juntamente com estímulos cinestésicos e táteis, contribuem para a criação de um ambiente virtual (2007, p. 51). Já Cope e Papadopoulos descrevem música algorítmica como "uma sequência de regras para resolver um problema em um número finito de etapas, com o objetivo de alterar partes musicais de uma composição" (Cope, 1993, p. 2; Papadopoulos, 1999, p. 110).

Enquanto Munday se refere à camada percebida de sons, Cope e Papadopoulos se referem ao mecanismo algorítmico que faz com que o *software* do *game* gere os sons. Portanto, podemos entender que uma música criada e adaptada para *videogame* é um conjunto de sons e silêncios implementados em um contexto que prevê uma experiência cinestésica e interativa a partir do uso de algoritmos e técnicas provenientes da música algorítmica. Porém, essa definição descreve apenas uma camada deste fenômeno complexo, pois mais camadas de definições são necessárias para chegarmos a uma descrição que contemple a natureza multidisciplinar dos *videogames*.

---

<sup>22</sup>Do original: "*a rule-based system with a variable and quantifiable outcome, where different outcomes are assigned different values, the player exerts effort in order to influence the outcome, the player feels emotionally attached to the outcome, and the consequences of the activity are negotiable*"

Por sua vez, Karen Collins, em 2009, propõe uma definição para a trilha sonora de um jogo que interliga os conceitos de Munday e de Papadopoulos a partir da natureza mutável e generativa dos *games*. Collins afirma que toda trilha sonora de um *videogame* pode ser considerada uma música procedural se levarmos em conta todos os tracks que são lançados pelo sistema de forma simultânea durante um *gameplay* (Collins, 2009, p. 6). Ela aborda a possibilidade de ver a trilha sonora de um *videogame* a partir de uma abordagem integrada entre música e efeitos sonoros (2009 p. 5).

As definições apresentadas sugerem uma abordagem integrada de todos os elementos sonoros contidos e liberados por um sistema durante o *gameplay* de um jogo, surgindo assim outros termos para completar esse quebra-cabeça. Dessa forma, Pasquier utiliza o termo 'granularidade' para descrever o nível de dinamismo do sistema e como os componentes individuais se combinam para criar sistemas sonoros mais complexos, além de empregar o termo '*gameplay dimension*' para descrever o nível de adaptabilidade do sistema (Plut; Pasquier, 2020, p. 2). Isso traz uma camada referente a como o som se comporta em um ambiente virtual. Já o conceito de áudio dinâmico, apresentado por Collins em 2007, engloba tanto o áudio interativo quanto o áudio adaptativo, adicionando um olhar do comportamento sonoro em relação a ações de um usuário de um sistema.

Podemos considerar, neste contexto, que a música procedural e a música algorítmica são quase sinônimas (Plut; Pasquier, 2020, p. 2). Portanto, adotaremos apenas o conceito de 'níveis de dinamismo' da trilha sonora de um jogo como uma ferramenta de análise do nível de transformação que as trilhas de jogos podem proporcionar, englobando os sons interativos, adaptativos e possíveis sons e músicas procedurais criadas pelo sistema durante o *gameplay*. Integrando, assim, os conceitos apresentados por Karen Collins e os conceitos de 'granularidade' e '*gameplay dimension*' propostos por Pasquier (Plut; Pasquier, 2020, p. 2), sob o olhar de uma similaridade entre música procedural e música algorítmica.

Whalen, por sua vez, considera que a sequência de sons produzidos dentro de um *game* pode ser entendida como uma composição aleatória (2007, p. 68). Já Silva e Correa apontam para o mesmo fenômeno, o da elaboração de uma composição de sons a partir de uma ação interativa de um usuário a um *game*, denominando-o como áudio não linear (2023, p. 123). Ambos se preocupam com o resultado do acionamento sonoro em relação a uma linha temporal criada em um *gameplay*. Porém, estes sons só são realmente percebidos como não lineares ou aleatórios quando desprovidos de imagens ou do próprio sentido que é criado na experiência de jogar. Quando inseridos no contexto de um *game*, o

som passa a ser a representação de uma ação, emoção ou lugar presenciado em resultado de uma interação do usuário.

De certa forma, um dos principais objetivos de uma trilha sonora de um jogo é representar com sucesso seu ambiente, e podemos compreender essa construção a partir de três dimensões (Munday, 2007, p. 51):

- a. **Ambiente:** Neste contexto, a música atua como suporte para a ambientação do jogo, geralmente representada por temas musicais com influência do conceito de *leitmotif*.
- b. **Imersão:** A música apoia o envolvimento e as ações do jogador, frequentemente usando técnicas de música adaptativa que integram as ações do jogador com o ambiente apresentado pelo jogo.
- c. **Diegese:** A música serve como apoio à narrativa a partir dos sons do mundo representado no jogo, que são os sons diegéticos, interativos ou não, que compõem o cenário apresentado no *game*.

Essa construção apresentada tem muita influência na cultura das trilhas sonoras para o cinema, fonte essa que exerceu bastante influencia em seus compositores. Podemos discriminar esses conceitos com três diretrizes hollywoodianas na construção de trilhas de filmes. São elas (Cardinale; Colton, 2022, p. 2):

1. **Papel ativo na construção de significados.**
2. **tendência na música cinematográfica de usar a música para gerar um impacto expressivo.**
3. **A capacidade da música de agregar significado às ações.**

Portanto, a música dos *games* não apenas se influenciou pelo cinema, mas também utiliza técnicas da música para cinema. Além disso, precisou criar soluções para gerar em tempo real os efeitos que a música cinematográfica cria, mas em ambiente interativo e em movimento.

Pelo fato de a música adaptada para *videogame* ser o resultado de uma concomitância sonora entre um agente (avatar do jogador) e um ambiente virtual, que é o conjunto de vários objetos programados interagindo em um sistema (Whalen, 2007, p. 68), surge em tempo real o áudio dinâmico. Dessa forma, a construção de uma atmosfera cinematográfica congruente é o resultado de um processo complexo de construção de um sistema via algoritmo. Sendo que a sensação de um ambiente perfeitamente congruente na

narrativa, soando como uma história sendo contada de forma linear, é fruto de um sistema computacional projetado com variáveis calibradas em um *software*. O principal objetivo de todo esse esforço por parte dos criadores de um jogo é gerar imersão, que pode ser entendida como a sensação de se sentir envolvido em outra realidade, esquecendo o que está ao seu redor no mundo "real" e ficando imerso no "mundo" do *videogame* (Munday, 2007, p. 51).

Do ponto de vista de um compositor/desenvolvedor de uma trilha sonora que será adaptada para um *game*, podemos entender algumas dimensões que direcionarão o processo de criação (Collins, 2007; Munday, 2007):

- a. **Áudio interativo:** Refere-se ao som que é produzido diretamente ou indiretamente pelo jogador, seja por uma entrada direta de áudio ou como resposta a uma ação provocada no sistema do jogo.
- b. **Áudio adaptativo:** Reage em resposta ao ambiente do jogo (sistema) de forma indireta, podendo ser influenciado por elementos como o ambiente, a narrativa ou até mesmo o estado do jogador.
- c. **Áudio dinâmico:** É o sistema de áudio do *videogame* que possui um design específico no qual são combinados tanto o áudio interativo quanto o áudio adaptativo.

Esses áudios são criados em centenas de fragmentos para serem organizados por meio de algoritmos no jogo. É importante ressaltar o papel do design na construção da trilha sonora de um *game* (Collins, 2007, p. 263).

Uma das representações sonoras mais importantes na construção de uma trilha sonora de um *game* são as representações das colisões presentes no *gameplay*, pois são elas que proporcionarão a percepção de uma ação e a criação de um sentido de uma imagem em movimento. No *game*, embora o som seja o responsável por construir o sentido final de uma imagem, é importante que haja algum estímulo visual para representar o agente que emite o som. A percepção audiovisual é algo que deve ser considerado como um único estímulo, pois não é eficiente tratá-la como situações separadas (Kohlrausch; Van De Par, 1999, p. 34).

Além disso, é importante notar que o ato de ouvir músicas influencia as respostas fisiológicas das pessoas (Hodges, 1980, p. 396, apud Thayer; Levenson, 1983, p. 44). É possível afirmar que a música gera literalmente arrepios no ouvinte (Thayer; Levenson, 1983, p. 44). É por isso que proporcionar variação no *gameplay* é algo tão

importante em uma mídia que tem como sua característica mais marcante a interatividade; e a música adaptativa reorganiza o material musical para criar novas experiências para o jogador e, assim, proporcionar novos "arrepios" (Brown; Kerr, 2009). Ao mesmo tempo, sem algum nível de repetição, a música dos jogos seria quase integralmente aleatória gerando uma quebra na narrativa (Hunt, 2020). Entretanto, a repetição não pode ser total; ela precisa se adaptar às condições do jogo para criar a percepção de algo congruente.

Estudos de crossmodalidade revelam uma relação entre parâmetros sensoriais diferentes, como luminosidade e frequência sonora, onde provocar um aumento na luminosidade pode indicar uma sonoridade mais aguda e vice-versa, demonstrando a profundidade existente na maneira como percebemos essas interações (Wharton; Collins, 2011 p. 2). No que diz respeito aos jogadores, a música não é considerada uma experiência periférica, pois busca-se sempre uma experiência multimodal. Alterar a trilha sonora de um jogo afeta toda a percepção do usuário, modificando o significado, as ações, os efeitos e as respostas percebidas pelo jogador (Wharton; Collins, 2011, p. 2).

Dentro da construção de algo que vai além de simplesmente música e imagem, estamos falando da criação de uma narrativa que está intrinsecamente ligada ao conceito de percepção multimodal. Podemos listar alguns objetivos para a construção dessa narrativa (atmosfera):

1. **Criar uma atmosfera que transmita tempo e lugar.**
2. **Expressar sentimentos que não são verbalizados na narrativa.**
3. **Preencher o fundo de forma neutra.**
4. **Desenvolver um senso de continuidade.**
5. **Sustentar a sensação de estar dentro de uma cena.**

O foco está na congruência da sensação de estar dentro de uma cena, bem como na geração de um entendimento de ser parte das ações que constituem a narrativa do jogo. Sendo assim, a música criada para *videogames* não serve apenas para construir as transições entre cenários ou espaços onde ocorre a narrativa; ela também representa mudanças de estado no *gameplay*, como o deslocamento da percepção de estar em momentos distintos de uma narrativa, como os de segurança ou perigo, por exemplo (Whalen, 2007, p. 68).

É por isso que a criação de jogos com sínteses e sistemas procedurais mais complexos pode ser tão desafiadora, uma vez que a narrativa e a experiência proposta são

comumente lineares, e o áudio representa a narrativa, desempenhando assim um papel fundamental em permitir que o jogador se insira no contexto e fique imerso no *gameplay* (Collins, 2009, p. 5). Quanto mais linear for a narrativa e de menor quantidade forem seus possíveis caminhos abertos para o jogador, provavelmente mais linear será o áudio implementado e suas transformações. Portanto, podemos entender que, para criar sistemas e trilhas musicais para *videogame* que avancem o estado da arte da música dinâmica para jogos, é preciso criar narrativas que permitam a criação de tais sistemas musicais.

### 2.3. Análise da recorrência e espacialidade no áudio dinâmico

A partir da revisão de literatura exposta no presente capítulo, apresentaremos agora um procedimento discriminatório que tem como objetivo categorizar áudios presentes em jogos digitais. O procedimento abordado leva em consideração a **temporalidade**, **espacialidade** e **interatividade** dentro de um ambiente virtual. Dessa forma, queremos saber o quanto e como este áudio muda ou se transforma em relação a três dimensões consideradas centrais no processo do áudio dinâmico.

São elas:

- a. **Tempo:** Diz respeito a como o áudio se transforma em relação às mecânicas de tempo presentes no jogo.
- b. **Espaço:** Refere-se a como o áudio muda e se transforma em relação à localidade em que o personagem se encontra, se relacionando assim com a mecânica de espaço presente no ambiente virtual.
- c. **Interatividade:** Diz respeito ao quanto interagimos com o áudio que se transforma no ambiente.

Sendo que para entender de maneira funcional como o áudio do jogo se recria a cada partida, propomos um olhar mais aprofundado para uma outra característica muito importante dos jogos digitais: a rejogabilidade. A partir desta característica acontece de forma muito particular no mundo dos jogos digitais, nos perguntamos: como percebemos um áudio de um momento em um jogo ao rejogarmos este momento? A interatividade presente no *game* abordado garante que o áudio mude? Ou o momento vivenciado pelo jogador será idêntico?

Mas antes de seguirmos vamos definir alguns pontos importantes, são eles:

- a. **Rejogabilidade:** Seria o ato de reiniciar uma fase, período de jogo ou até o jogo todo, refazendo o caminho que já teria sido conquistado pelo jogador. Em parte, uma grande variedade dos jogos reproduzirá os eventos sempre da mesma forma. Entretanto, muitos projetos dinâmicos têm surgido, o que traz uma importância de se estudar as soluções já propostas.
- b. **Momento:** Ao nos referirmos a um momento no jogo, estamos apontando uma fase do *game*, um arco narrativo, ou qualquer outro momento em relação a como o jogo é dividido em de acordo com o progresso que o jogador deve conquistar. E um momento que todo jogo possui é o seu início.
- c. **Áudio presente no jogo:** O áudio abordado aqui seria as músicas e efeitos sonoros percebidos pelo jogador durante o tempo de *gameplay* que ele deposita no jogo.

Dessa forma, acreditamos que ao discriminar o quanto e como o áudio muda em um jogo em relação à sua rejogabilidade, podemos traçar uma hipótese de como esse áudio funciona e foi implementado no sistema do jogo. Também entendemos que alguns ambientes virtuais devem possuir características generativas, possuindo um grau de mudança intrínseco ao seu sistema. Portanto, criar uma maneira de estudar os sistemas já desenvolvidos pode ser algo útil, principalmente como ferramenta de aprendizagem e estímulo à criatividade ao criar novos sistemas.

O procedimento proposto funciona de forma bastante simples e intuitiva. Consiste, como primeiro passo, na gravação de dois ou mais *gameplays* que representem um mesmo momento de um determinado jogo. Em seguida, no segundo passo, é feita uma descrição dos áudios que foram acionados em relação ao tempo do *gameplay*, sendo a relação entre tempo e acionamento dos objetos sonoro em cena um dos pontos centrais que queremos abordar. E por fim, no terceiro passo, devemos comparar as gravações e discriminar as discrepâncias e similaridades dos áudios coletados. Dessa forma, é possível ver se existe alguma regularidade no sistema ou se ele se repete sempre de forma restrita, propondo então uma hipótese de como este sistema funciona.

Para descrever de forma mais detalhada o procedimento proposto, apresentaremos a análise do jogo Kingdom: New Lands (Berg; Bancalé, 2015), distribuído pela Raw Fury Games. Trata-se de um jogo 2D, focado nas mecânicas de construção, simulação e sobrevivência, com elementos visuais de pixel art. Apesar de ser um *game* com

mecânicas muito simples, seu projeto de áudio se torna interessante pela forma com que os desenvolvedores exploraram sua espacialidade e temporalidade.

Para a aplicação do procedimento, foram realizadas três sessões de *gameplay*, cada uma com duração de 35 minutos, e os registros foram posteriormente carregados no *YouTube* ([https://www.youtube.com/watch?v=ICpX89T1Sk0&list=PLRZ\\_SeME-Hv6-ApRTN0XBYNzkRbwDAaKp](https://www.youtube.com/watch?v=ICpX89T1Sk0&list=PLRZ_SeME-Hv6-ApRTN0XBYNzkRbwDAaKp)) para fins de documentação e verificação das informações apresentadas. Em seguida, conduzimos a aplicação do procedimento proposto neste capítulo, realizando descrições do áudio nos pontos temporais correspondentes dos vídeos. Os resultados dessa análise serão apresentados na próxima seção, onde descreveremos as principais características identificadas no sistema de áudio e como ele se adapta e se modifica em diferentes partidas.

## 2.4 Kingdom: New Land; a análise

Nesta análise, buscaremos compreender o áudio do jogo Kingdom: New Land por meio da comparação das impressões sonoras obtidas na gravação de três *gameplays*. Iniciaremos o procedimento de discriminar os acionamentos sonoros em relação às mecânicas de espaço e tempo presentes no *game*, juntamente com a descrição das cenas dos três vídeos criados para esta análise. Para realizar a comparação dos *gameplays*, utilizaremos a contagem de tempo presente nos próprios vídeos que foram postados no *YouTube*.

Ao iniciar o *game*, observamos uma paisagem sonora semelhante nos três vídeos, conforme ilustrado nas Figuras 5, 6 e 7. Em todos os cenários, o som de água corrente domina o ambiente sonoro, representando um elemento interativo, elemento este que fornece uma fonte de água potável e possibilita a construção de plantações, um recurso presente na mecânica do *game*. Esse tipo de jogo envolve a gestão de uma série de ações realizadas durante o *gameplay* com o intuito de alcançar objetivos necessários para o sucesso na partida. A representação sonora desses objetos é de extrema importância para a imersão do jogador na experiência.



FIGURA 5: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY #1 (00:00).



FIGURA 6: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY #2 (00:00).



FIGURA 7: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#3 (00:00).

Whalen descreve o áudio de um jogo como o resultado da interação de diversos objetos (Whalen, 2007, p. 68), cada um com sua representação sonora correspondente às ações do jogador ou a uma resposta do sistema a partir de programações via algoritmo. Dessa forma, é possível criar várias sínteses sonoras ao dar liberdade para que essas interações aconteçam conforme a decisão do jogador.

Na Figura 8 (00:23 do *gameplay* #1), podemos observar o objeto 'moeda' em simultaneidade com o som de criação do acampamento real, que é um dos eventos iniciais do jogo. Devido à sua natureza interativa, esse mesmo evento de criação do acampamento inicial ocorre com uma breve diferença temporal ao compararmos a cronometragem dos vídeos, como ilustrado na Figura 9 (*gameplay* #2 aos 00:16) e na Figura 10 (*gameplay* #3 aos 00:12). Em resumo, o sistema está preparado para reproduzir as faixas de áudio que representam as ações e reações no ambiente virtual à medida que o jogador interage com o cenário, resultando em uma leve diferença entre as paisagens sonoras apresentadas.



FIGURA 8: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY #1 (00:23).



FIGURA 9: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY #2 (00:16).



FIGURA 10: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#3 (00:12).

Em relação ao enredo do Kingdom: New Land, o jogador assume o papel de um monarca, seja um rei ou uma rainha, e é desafiado a gerenciar seu reino, protegendo-o contra os ataques dos inimigos. O personagem principal está montado a cavalo, e os sons do animal são representações importantes para a construção do personagem, com três estágios de sons correspondentes: caminhando, correndo e ofegante (quando o cavalo se cansa após uma corrida intensa).

O ambiente sonoro é composto por uma combinação de elementos, como os sons do ambiente, representados visualmente pelo *background*, e os sons dos objetos no cenário. Simultaneamente, ocorrem representações sonoras que enfatizam as ações dos jogadores e dos NPCs (objetos controlados pelo sistema). A combinação desses sons cria uma composição sonora variável, porém recorrente. É a implementação de geradores procedurais de conteúdo na criação dos cenários que garante uma disposição com um grau de variedade dos objetos a cada partida, contribuindo ainda mais para a formação de diferentes paisagens sonoras e uma relação particular com cada cenário criado.

Enquanto a sensação de aleatoriedade na criação dos cenários é possibilitada provavelmente por algoritmos estocásticos implementados em geradores de conteúdos procedurais (Jarvelinen, 2000, p. 1), a temporalidade do *game* é controlada por um algoritmo determinístico. O nascer e o pôr do sol ocorrem de forma uniforme nos três *gameplays* e podem acionar a execução de uma música que de alguma forma representa os eventos meteorológicos e o estado da narrativa do momento presente (perigo ou segurança por exemplo). No minuto 2:37 dos três *gameplays*, o sol se põe e o jogo ativa a mesma música nos três casos abordados. No entanto, os sons ambientes representam ações distintas. Nas

Figuras 11, 12 e 13, é possível observar que, embora a representação temporal seja a mesma, o jogador está envolvido em ações diferentes.

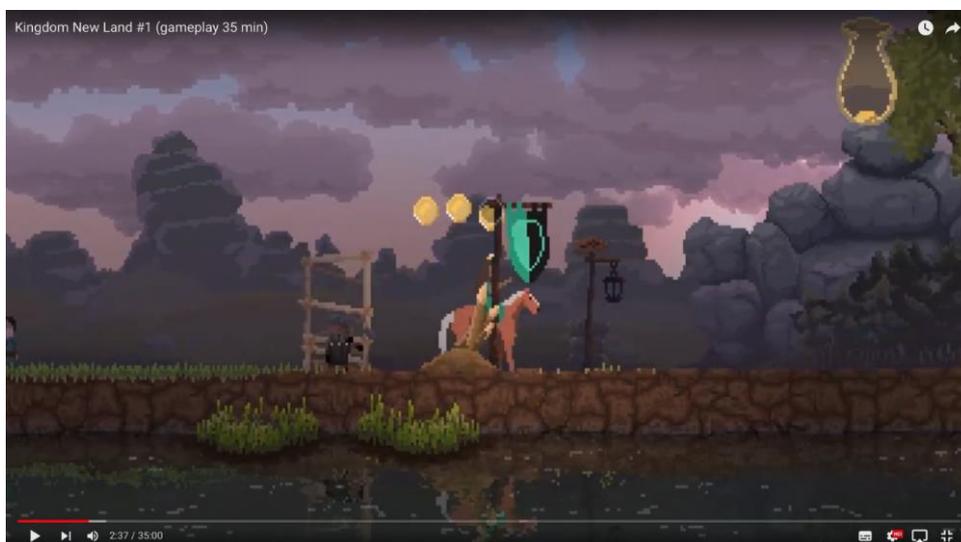


FIGURA 11: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#1 (02:37).



FIGURA 12: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#2 (02:37).



FIGURA 13: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#3 (02:37).

No jogo, o ciclo que representa um dia completo (dia e noite) tem duração de 4 minutos, durante os quais podem ser executadas composições musicais lineares abrangendo diferentes períodos: todo o dia, uma manhã, uma noite, metade de uma manhã ou metade de uma noite, variando de um até quatro minutos de música. Apesar do determinismo do sistema, é possível observar paisagens sonoras distintas nos *gameplays* gravados.

No minuto 05:00 do *gameplay* 1 (Figura 14), ocorre um dia chuvoso e nublado, com o som do cavalgar da rainha em seu cavalo. No mesmo momento (05:00) no *gameplay* 02 (Figura 15), há neblina durante o dia, com os sons dos objetos interativos se destacando sobre a música. Enquanto isso, no *gameplay* 3 (Figura 16), o rei encontra-se em uma floresta densa, imerso nos sons das águas e dos pássaros.

A combinação entre a reconfiguração dos objetos que compõem um cenário e o design da interatividade, mediada pela espacialidade e pela temporalidade, tem o poder de gerar paisagens distintas mesmo com poucos elementos disponíveis no jogo abordado. Em parte, isso se deve ao fato de o personagem ter acesso a uma parte do cenário jogável por vez. Como o cenário possui som, a paisagem sonora varia de acordo com a localidade exibida na tela. Além disso, a liberdade do personagem em agir no cenário, escolhendo entre os caminhos oferecidos, também constrói paisagens diferentes ao longo do *gameplay*.



FIGURA 14: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#1 (05:00).



FIGURA 15: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#2 (05:00).

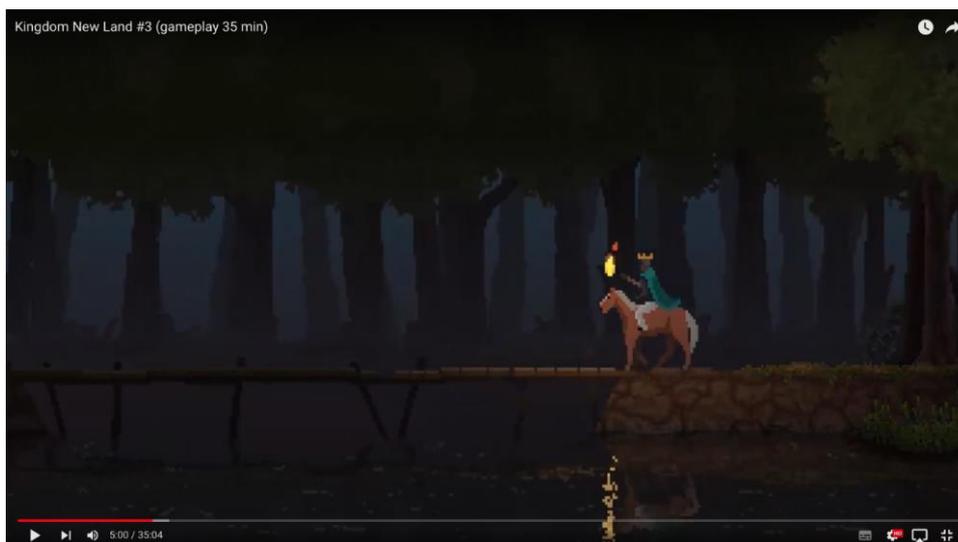


FIGURA 16: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#3 (05:00).

A partir do minuto 09:25 (representado nas Figuras 17, 18 e 19), podemos observar o funcionamento de um algoritmo controlador de fluxo, conforme descrito por Jarvelinen (2000, p. 1). Neste caso apresentado, o controlador de fluxo foi associado a um algoritmo estocástico que determina a seleção das faixas musicais a serem executadas, possibilitando assim uma randomização das faixas apresentadas.

Essas relações probabilísticas, fruto da randomização, são então relacionadas com as condições meteorológicas representadas no cenário do *game*. Em situações mais ensolaradas, o sistema tende a reproduzir músicas com frequências mais agudas, enquanto em dias nublados ou chuvosos, a música apresenta características mais graves. Essa escolha é fundamentada na nossa tendência de associar a luminosidade a representações sonoras de frequências agudas, conforme explicado por Wharton e Collins (2011, p.2).

Além disso, é importante destacar que, mesmo quando a música não foi originalmente composta para uma imagem ou experiência específica, o jogador tende a criar uma conexão própria entre a música reproduzida, a jogabilidade e a narrativa do jogo. Esse esforço contínuo em vincular a música ao contexto do *game* por parte dos jogadores costuma ser algo recorrente, como proposto por Wharton e Collins (2011, p. 2).

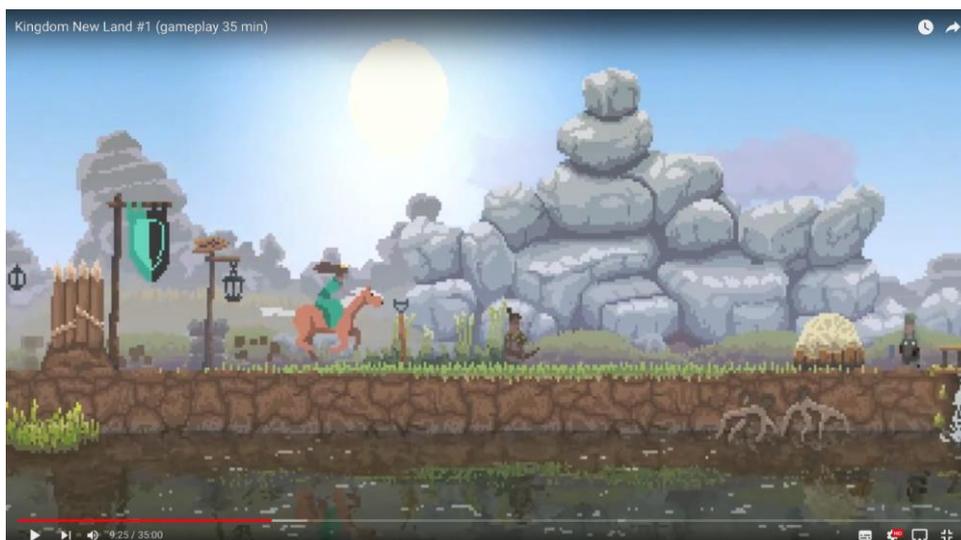


FIGURA 17: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#1 (09:25).

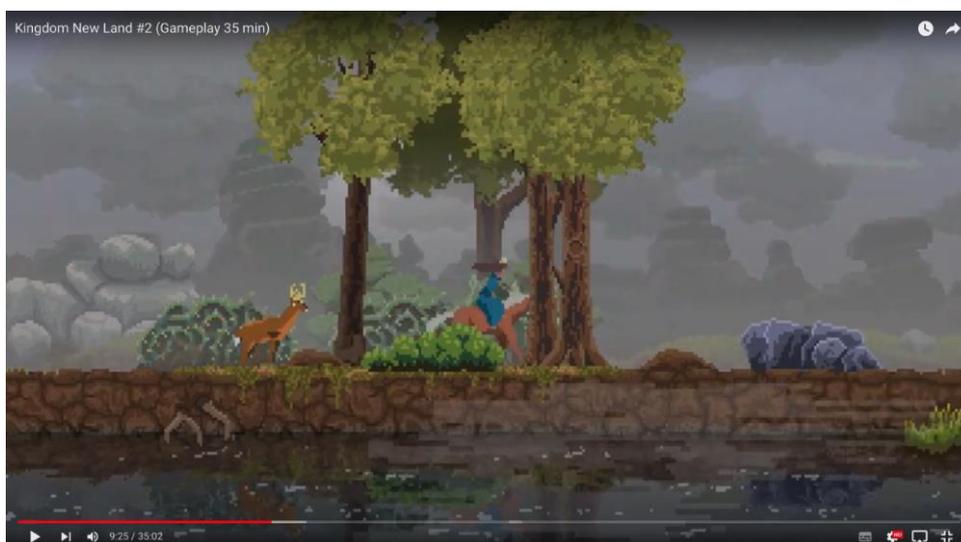


FIGURA 18: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#2 (09:25).

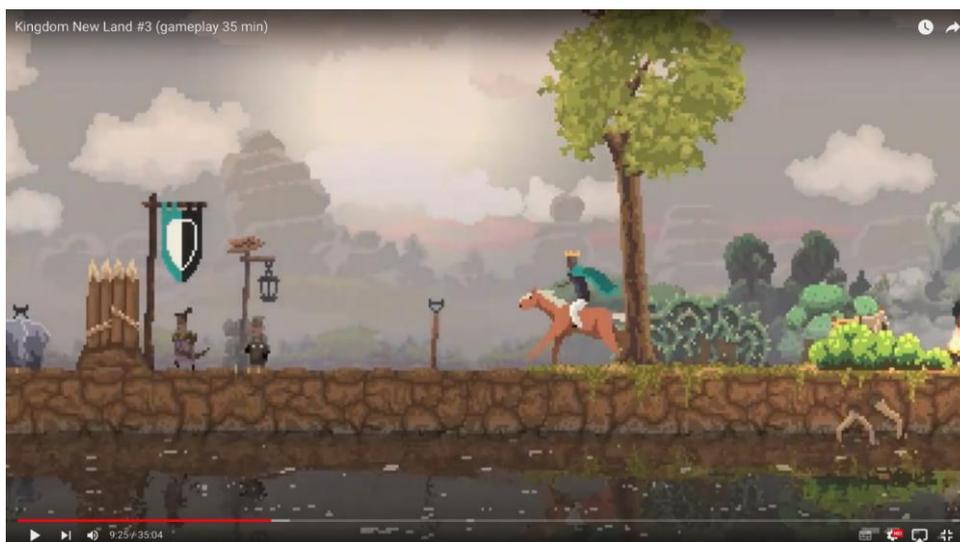


FIGURA 19: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY #3 (09:25).

No *gameplay* #1, conforme representado na Figura 17, é possível ver a representação de um dia ensolarado, e a trilha sonora correspondente apresenta sons com frequências agudas. Um instrumento (em VS) de teclas percutidas executa uma melodia com um andamento que varia de moderato para rápido. Entretanto, no *gameplay* #2, que também ocorre no minuto 09:25 e é retratado pela Figura 18, não há música sendo executada. Nesse momento, o cenário do jogo reflete um dia nublado, e os sons ambiente são destacados para contribuir com a paisagem sonora, criando assim uma atmosfera de tensão. Enquanto isso, no *gameplay* #3, que ocorre ainda aos 09:25 e é representado na Figura 19, o cenário é caracterizado por um dia com sol e muitas nuvens. A trilha sonora incorpora frequências sonoras ligeiramente mais graves do que no *gameplay* #1, mas ainda mantém a execução de notas rápidas, com um andamento variando entre moderato e rápido.

Essa escolha musical é consonante com a relação entre representação climática e música que sustentamos nesta análise, proporcionando uma experiência imersiva que se alinha às condições climáticas apresentadas com uma narrativa entre tensão e sensação de segurança. Dessa forma, existe um reforço nos elementos que ajudam a criar a atmosfera do *game*, sendo elas: a noção de tempo do jogo, que representa o passar dos dias juntamente com as representações climáticas que também apontam para a representação do passar das estações do ano. Neste contexto, é a música que reforça as características das representações visuais que nos levam a entender que o tempo está passando.

Por volta da meia-noite, momento que é determinado pelo ciclo de tempo no jogo, representado pelo posicionamento do sol ou da lua, é o momento que os ataques dos inimigos ocorrem. Esses inimigos, que são objetos controlados pelo sistema do *game*, são caracterizados por sons percussivos e grunhidos típicos, que evocam a representação

sonora de monstros, como os vistos em filmes ou desenhos animados. O comportamento desses objetos é programado no sistema por meio de algoritmos, contribuindo para o caráter de áudio dinâmico da trilha sonora. Essa trilha é gerada por uma combinação de sons interativos e adaptativos do sistema, juntamente com elementos musicais gerados de forma aleatória e em concomitância com a música que representa o estado (tensão ou equilíbrio) representado pelo cenário, conforme proposto por Whalen (2007, p. 68).

Além disso, a paisagem sonora pode sofrer alterações significativas se o jogador não estiver na parte do cenário onde os eventos sonoros estão ocorrendo, o que intensifica a experiência sonora do jogo. O jogo utiliza de forma estratégica o recurso da exploração do espaço em relação ao tempo em seu *gameplay*. Caso o jogador não se encontre no local onde os ataques estão ocorrendo, ele não poderá nem ver nem ouvir se seu reino está em perigo, criando a possibilidade de o silêncio demasiado também poder significar perigo.

As Figuras 20, 21 e 22 representam um momento de um ataque inimigo em *Kingdom: New Land*, onde a sensação de aleatoriedade ou não linearidade desempenha um papel interessante na criação da paisagem sonora desse momento. Quando os inimigos chegam próximo ao castelo, desencadeiam uma sequência de ataques caracterizados por sons graves, que são acompanhados pelos contra-ataques dos arqueiros aliados. Esse processo gera uma espécie de composição sonora regida pelos sons emitidos por objetos controlados pelo computador. Portanto, a composição sonora que presenciamos é o resultado da sobreposição gerada pela soma dos sons do ambiente onde o jogador se encontra, somados aos efeitos sonoros emitidos pelos objetos no campo de visão do personagem e à adição de uma trilha musical reforçando alguma informação importante como localidade ou estado da narrativa.

No *gameplay* #1, como retratado na Figura 20, os inimigos ainda não aparecem, resultando apenas em um silêncio apreensivo. Em contraste, no *gameplay* #2, conforme ilustrado na Figura 21, uma pequena horda de inimigos se aproxima, gerando os sons que representam o ataque. Já no *gameplay* #3, como apresentado na Figura 22, o jogador testemunha apenas uma parte do ataque, resultando em uma experiência sonora de certa forma diferente em comparação com os *gameplays* 1 e 2. Essa abordagem de variação sonora baseada na interação com o *game* contribui para criar uma sensação de se estar em um grande reino, mesmo se tratando de um jogo com gráficos 2D.

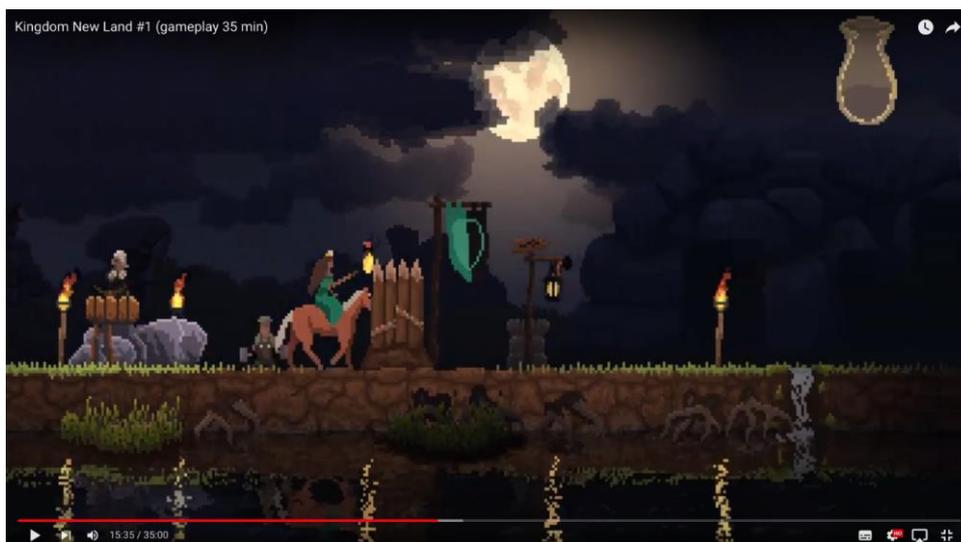


FIGURA 20: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#1 (15:35).



FIGURA 21: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#2 (15:35).



FIGURA 22: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#3 (15:35).

À medida que o jogo progride e o sistema continua a tomar decisões, os *gameplays* analisados passam a se diferenciar mais, principalmente devido à música e à representação visual do estado meteorológico apresentado a jogador. Embora não haja uma transformação significativa nas músicas apresentadas, a escolha aleatória de músicas em relação ao tempo de jogo, a interatividade entre os objetos e o design sonoro marcante dos inimigos conseguem criar a sensação de que os jogadores estão realmente vivenciando uma nova aventura com particularidades reais a cada *gameplay* (representado nas Figuras 23, 24 e 25).

Consideramos que a geração procedural dos mapas entrelaça os objetos, proporcionando uma relação temporal diferente a cada partida e, conseqüentemente, uma paisagem sonora distinta a cada incursão no *game*. Isso contribui para manter a experiência do jogo fresca e dinâmica, mesmo que os elementos da trilha sonora permaneçam relativamente estáticas, sem transformações extremas, a trilha sonora de *Kingdom: New Land* contribui para que os jogadores desfrutem de novos desafios e surpresas a cada sessão de jogo.



FIGURA 23: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#1 (32:44).

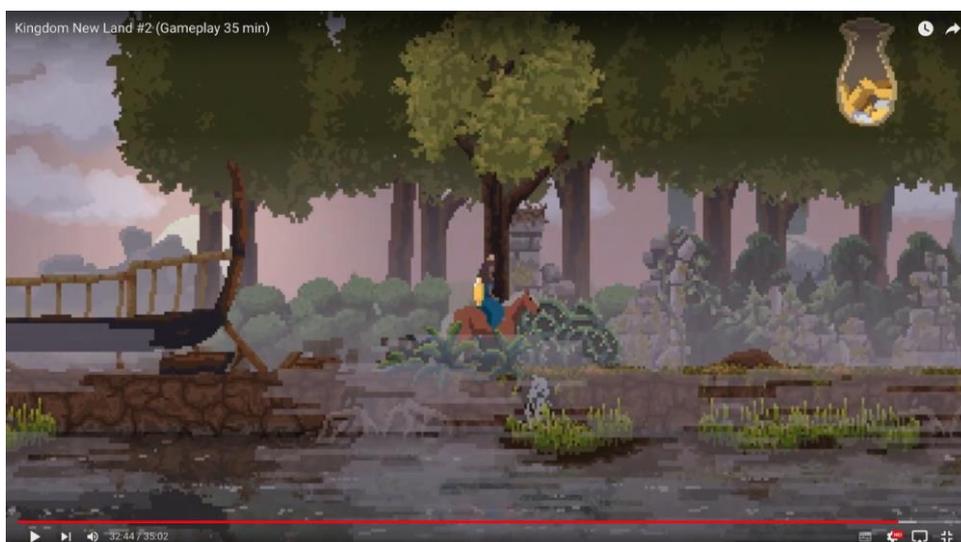


FIGURA 24: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY#2 (32:44).



FIGURA 25: CAPTURA DE TELA DO GAMEPLAY #3 (32:44).

## 2.5 Reflexões sobre a análise do *game* Kingdom: New Land

O jogo Kingdom: New Land apresenta um *gameplay* que utiliza geradores procedurais de conteúdo para gerar variação na experiência do jogador a partir da criação de cenários via PCG. O design do jogo induz à aprendizagem das mecânicas, enquanto o jogador repete o *gameplay* várias vezes até atingir o sucesso na partida. O jogo não explora transformações procedurais muito ousadas; ele foca na reconfiguração dos objetos para construir um *gameplay* dinâmico e elementos de exploração que continuam ativos mesmo depois de várias partidas.

Com o uso da geração procedural de mapas, que reconfigura os elementos do cenário, há uma integração dos sons do ambiente, representados pelo *background*, com os objetos interativos que também emitem sons. Dessa forma, com a mudança do *background* (juntamente com sua música) e a reconfiguração dos locais dos objetos no cenário, toda a paisagem sonora também é reconfigurada. Portanto, pode-se entender que o áudio do jogo Kingdom: New Land é dinâmico ao se reconfigurar a cada partida e ao se adaptar aos cenários, mas não possui grandes transformações e aumento de dados no sistema.

Ao utilizar processos de recombinação de cenário nos quais os elementos contidos em um determinado nível do jogo são sempre os mesmos, mas a localidade é alterada, mantemos uma recorrência no *gameplay*, possibilitando a aprendizagem, mas com um grau de incerteza para o jogador. A maior variação ocorre no fato de que, além dos elementos da cena com os quais o jogador pode interagir mudarem de local no mapa, os elementos que compõem o cenário e os eventos climáticos são construídos para gerar uma narrativa e criar tensão no jogador por meio da mudança de elementos visuais, luminosidade e das trilhas musicais. Essa recombinação de elementos gera a sensação de

que sempre é um novo dia e de que os eventos acontecerão de forma diferente, proporcionando uma paisagem sonora congruente com a sensação de que algo inesperado pode acontecer.

Portanto, o *gameplay* de Kingdom: New Land busca um nível de variação focado na mudança de local dos objetos do cenário sem alterar diretamente sua construção ou criar novos dados para o sistema. Existe uma relação de probabilidade na apresentação das músicas, condicionada às mudanças dos eventos meteorológicos, que por sua vez desencadeiam uma mudança na luminosidade da cena. Justamente pela adição de probabilidade na apresentação dos *tracks* musicais em congruência com o progresso do calendário, o *game* gera a sensação de que é sempre um novo dia com acontecimentos novos dentro do cenário proposto. Kingdom: New Land também mostra como o áudio e seus comportamentos no *gameplay* estão relacionados com os elementos visuais, que por sua vez estão interligados com a narrativa, compondo assim uma experiência integrada dentro do *game*.

## 2.6 Considerações sobre o procedimento de categorização

A partir da aplicação do procedimento proposto, determinamos que o áudio do jogo Kingdom: New Land é dinâmico e possui um nível perceptível de transformação. Identificamos que o ponto central do projeto de áudio está no fato de que, em certa medida, o áudio responde ao cenário, o qual possui uma síntese recombinatória baseada em conteúdos procedurais. Essa resposta ao cenário envolve a reconfiguração dos elementos visuais, acompanhada de uma randomização na execução dos *tracks* musicais condicionados a variáveis que representam a noção de temporalidade do jogo.

Portanto, o procedimento proposto nos permite criar uma categorização do áudio de um jogo a partir da comparação de dois ou mais *gameplays* em um processo de rejogabilidade. A interpretação das gravações dos *gameplays* possibilita formular hipóteses sobre o funcionamento do áudio, categorizando-o com base em conceitos já consolidados. No entanto, embora proponhamos uma categorização, optamos por focar no procedimento em si, em vez de criar categorias específicas, considerando a diversidade do universo dos *games* e a necessidade de uma categorização deva refletir os objetivos do desenvolvedor ou pesquisador que a está aplicando o procedimento.

## **Capítulo 3 - A proposição de um protocolo de auxílio para tomada de decisão na criação de trilhas sonoras com qualidades generativas para videogames**

### **3.1 Notas introdutórias do capítulo**

Este capítulo nasce de uma particularidade no campo da composição musical para videogames: que é o fato de que muitas dessas trilhas sonoras são desenvolvidas já com o intuito de pertencer a uma mídia interativa, tendo sua implementação via algoritmos. A partir desta característica, o processo de criação deve atender parâmetros específicos para sua adaptação a *softwares* projetados para computadores, consoles de videogames e outras plataformas digitais, tornando a atividade de compor e implementar uma trilha sonora em um game uma tarefa um tanto quanto particular. Dessa forma, entendemos que a composição musical para videogame não é apenas um ato de compor música para uma imagem em movimento, mas sim o ato de projetar e implementar um áudio que permita a imersão de um jogador em um mundo virtual em movimento.

Congruentemente, este capítulo empreende uma investigação sobre a criação musical enquanto produto, um processo que demanda *design* e testes cuidadosos para atingir os objetivos almejados. Assim, o propósito central deste capítulo é desenvolver um protocolo de auxílio nas tomadas de decisão, focado no processo inicial de criação musical para *videogames* com qualidades generativas, além de complementar a revisão de literatura desta dissertação. Com base nessa premissa, apresentamos o modelo de documentação proposto, que serve como uma ferramenta de gestão complementar a um GDD e visa facilitar a organização e o desenvolvimento de trilhas sonoras procedurais para videogames

### **3.2 Proposição de um modelo de tomada de decisão**

Como estratégia para otimizar o processo artístico de criação musical no contexto da indústria dos jogos digitais, propomos estabelecer conexões entre os conceitos e princípios de prototipagem, gestão, planejamento e construção de sistemas musicais, juntamente com o processo de criação musical de trilhas sonoras procedurais para *videogames*. Vamos explorar de maneira acessível e elucidativa a interseção entre esses elementos, destacando como sua integração estratégica pode aprimorar significativamente a eficiência e a qualidade na produção de trilhas sonoras procedurais para ambientes digitais e interativos.

Para alcançar esse objetivo, empreendemos uma revisão de literatura, analisando artigos científicos recentes (2023) e abrangentes que integram as áreas

transversais à criação musical para *videogames*. Essa abordagem tem o intuito de fornecer uma base sólida para o desenvolvimento do documento de auxílio a tomada de decisão proposto, fundamentado em uma compreensão aprofundada dos conceitos considerados relevantes.

Foi então adotada uma metodologia que envolve uma revisão de literatura contextualizada em um enfoque metodológico exploratório (Demo, 2000; Andrade, 1997; Cohen; Manion, 1997; Laville; Dionne, 1999). Esta revisão proporcionará uma compreensão dos conceitos relacionados à criação musical de trilhas sonoras procedurais e dinâmicas para *videogames*. Posteriormente, com base nos *insights* derivados da revisão de literatura, foi proposto um modelo de documentação focado em orientar o processo inicial de criação dessas trilhas sonoras procedurais. Este documento busca integrar eficazmente elementos de prototipagem, gestão, planejamento e construção de sistemas musicais, visando aprimorar a qualidade e eficiência da produção musical no contexto da criação procedural de conteúdo.

Como recurso teórico para organização textual da presente sessão, será utilizado o conceito de visão empreendedora proposto por Filion em seu artigo "Visão e Relações: Elementos Para Um Metamodelo Empreendedor" (1993, p. 50). Em particular, abordaremos a visão emergente e suas relações (Filion, 1993 p. 50), uma vez que esses dois elementos servem de base para a construção da visão central, que representa uma possível projeção de um produto ou empreendimento. A adoção desses conceitos tem como objetivo proporcionar maior clareza e organização na elaboração dos procedimentos de tomada de decisão propostos neste capítulo.

A escolha do modelo de Filion fundamenta-se na sua capacidade de abordar a idealização, planejamento e criação de um produto ou empreendimento em um contexto comercial/industrial. Nesse cenário, a música pode ser considerada um produto com essas qualidades, possibilitando a adaptação de parte ou de todo o metamodelo criado por Filion para a compreensão e aprimoramento do processo de criação musical no contexto dos *videogames*.

O metamodelo proposto por Filion (1993, p. 50) pode ser visualizado como seções ou caixas de tomadas de decisões referentes aos seus conceitos. Abordaremos essas particularidades na seguinte ordem: (a) **relações**, (b) **prisma da visão**, (c) **visão emergente** e (d) **validação da visão emergente**. Portanto, o desenvolvimento deste capítulo será guiado pelo metamodelo de Filion, sendo adotado da seguinte forma: (1) **Notas Introdutórias**, (2) **Metodologia do Capítulo**, (3) **Proposição de Um Modelo de Tomada de Decisão**, (4) **Cocriatividade e Novas Relações na Criação Musical**, (5)

**Construindo Visões Emergentes, (6) A Perspectiva do Design, (7) Prototipagem e Gestão, (8) Proposição de Um Modelo de Documentação, (9) Considerações sobre o Capítulo.**

Entretanto, não aprofundaremos na descrição dos conceitos de visão empreendedora propostos por Filion. Este aporte metodológico enriquece a presente pesquisa, porém, para não perdermos o foco principal, que é a construção do modelo de documentação, manteremos a ênfase na apresentação da revisão de literatura empreendida e na proposição do modelo decisório para as fases iniciais da composição de trilhas sonoras procedurais para *videogames*. Sugerimos, para maior aprofundamento no conceito de visão proposto por Filion, a leitura do artigo "Visão e Relações: Elementos Para Um Metamodelo Empreendedor" de 1993.

### **3.3 Procedimentos metodológicos**

A partir de uma perspectiva exploratória (com base em Demo, 2000; Andrade, 1997; Cohen; Manion, 1997; Laville; Dionne, 1999), a presente pesquisa empreendeu uma revisão de literatura guiada pelo metamodelo proposto por Filion (1993, p. 50), no qual o processo de visão de um empreendimento é abordado em três contextos: a visão emergente, as visões complementares e a visão central. Dessa forma, a visão refere-se à projeção da imagem do empreendimento em sua condição final, ou seja, em um contexto de criação musical, seria onde o compositor pretende chegar ao finalizar e adaptar uma obra musical.

Sendo assim, iniciamos uma busca restrita a artigos científicos no Google Acadêmico utilizando os seguintes termos de busca: (1) "*prototyping*", "*Music system*" e "*videogame*", de forma simultânea, com o intervalo de 2018 até 2023 (outubro), aplicando o filtro para buscar apenas artigos de revisão de literatura. Encontramos inicialmente 33 textos acadêmicos e, após uma triagem, selecionamos 10 artigos acadêmicos considerados pertinentes para o presente estudo. Em uma segunda incursão no Google Acadêmico, utilizamos o termo de busca (2) "*game design document*" e encontramos 27 trabalhos no intervalo temporal de 2018 até 2023. Dessa busca, selecionamos mais 10 artigos. Por fim, realizamos uma busca com os termos (3) "*prototype*" e "*videogame*" em uma busca por relevância, sem um intervalo temporal determinado.

Após examinar os dados coletados, tornou-se evidente, para o propósito da presente dissertação, a relevância da criação deste capítulo, que aborda de maneira transversal a composição musical de trilhas sonoras procedurais para *videogames* envolvendo planejamento, design, prototipagem e validação. Esse procedimento de pesquisa visa também retratar o processo de criação musical quando mediado por uma

tecnologia e um contexto comercial, onde existem objetivos últimos a serem alcançados. Sejam esses objetivos atingir uma demanda de mercado ou apenas a implementação tecnológica correta, o processo de criação passa a ser mediado por forças além das regras artísticas ou estéticas, adquirindo relevância dada sua importância no processo de criação de um jogo digital.

### **3.4 Cocriatividade e novas relações na criação musical**

Artigos do início da década de 2020 (Salamanca; Gómez-Marín; Jordá, 2023; Suh, 2021; Aly, 2021, p. 98) apontam para o surgimento de novas formas de relações no processo de criação musical. Esses processos emergem da interação entre seres humanos e máquinas, especialmente quando indivíduos utilizam sistemas computacionais inteligentes em um contínuo processo de interação na criação artística. Dessa interação, surge a Cocriação Computacional (CCC), um subdomínio da Criatividade Computacional (CC) que discute e aprimora o processo colaborativo entre seres humanos e agentes computacionais. Estes procedimentos têm o objetivo de produzir artefatos criativos com redução ou eliminação da interação humana durante seu processo (Salamanca; Gómez-Marín; Jordá, 2023; Suh, 2021; Aly, 2021, p. 98).

Neste processo contínuo de interação, o foco se desloca da avaliação da qualidade dos artefatos produzidos por sistemas inteligentes para buscar entender como a criatividade evolui em um ciclo constante de cooperação (Salamanca; Gómez-Marín; Jordá, 2023; Suh, 2021; Aly, 2021, p. 98). Isso destaca a importância de conhecer e avaliar as novas formas de relações que emergem no âmbito da criação artística. Dentro desse contexto, podemos compreender que a Cocriação Computacional (CCC) pode abranger o processo de criação artística no qual um ou mais participantes colaboram ativamente, sendo pelo menos um deles um agente computacional.

Para este processo acontecer, os participantes humanos ajustam os parâmetros conceituais do produto em desenvolvimento, enquanto os agentes computacionais exploram efetivamente esses parâmetros conceituais. Em contrapartida, os participantes humanos refinam os resultados até alcançar um produto, que pode estar finalizado ou não (Salamanca; Gómez-Marín; Jordá, 2023; Suh, 2021; Aly, 2021, p. 98). Dessa forma a participação humana é reduzida, podendo chegar a zero em casos extremos de automação da uma produção.

Na avaliação conceitual dos produtos gerados no processo de Cocriação Computacional, os autores (Salamanca; Gómez-Marín; Jordá, 2023; Suh, 2021; Aly, 2021, p. 98) introduzem o conceito de criatividade dinâmica proposto por Corazza (2016, p. 258).

Embora a questão de como avaliar a criatividade computacional permaneça em aberto, gerando desafios significativos na avaliação de tais produtos e procedimentos, é possível construir uma avaliação fundamentada nos princípios da criatividade dinâmica (Corazza, 2016, p. 258). Esta abordagem, que foi proposta por Salamanca, Gómez-Marín e Jordá em seu artigo (2023), centra-se na identificação e avaliação da originalidade e eficácia de um proto-artefato.

Os proto-artefatos são produtos intermediários gerados pelos processos da CCC, e uma interação crítica nos permite a intervenção desses resultados no processo de criação. As avaliações modernas de produtos criativos não se restringem apenas a artefatos finalizados, mas também incluem proto-artefatos e dispositivos geradores. Nesse contexto, a Originalidade é uma característica que representa autenticidade e independência em relação às realizações ou produções precedentes do sistema. Em complemento, a Eficácia refere-se à capacidade de reproduzir um resultado não trivial e qualificado como original ou novo (Salamanca; Gómez-Marín; Jordá, 2023; Suh, 2021; Aly, 2021, p. 98).

Dessa forma, é possível incluir alguns conceitos adicionais na avaliação dos produtos gerados pela CCC (Salamanca; Gómez-Marín; Jordá, 2023; Suh, 2021; Aly, 2021, p. 98), são eles:

- a. **Novidade:** Identificável a partir da ampliação ou transformação de um domínio de criação.
- b. **Surpresa:** Pode indicar a intensidade do sucesso do processo criativo, manifestando-se como um sinônimo de não obviedade.
- c. **Valor:** Pode ser considerado como uma qualidade intercambiável por significado. Contudo, vale ressaltar que valor é uma qualidade complexa de se medir ou conceituar, principalmente se for feita de maneira abrangente.

Concomitantemente, Suh (2021, p. 1) destaca que a utilização de Inteligência Artificial em um processo de cocriação computacional que envolva a interação entre compositores e um determinado sistema inteligente (IA), pode proporcionar benefícios como coesão do grupo, maior simplicidade, redução da estagnação do grupo e um processo colaborativo com maior alternância de papéis. É importante ressaltar que esse processo de cocriação computacional não se limita apenas à música, sendo uma realidade em diversos campos nos quais a criatividade é parte integrante do produto criado.

Por outro lado, tem-se dado pouca atenção a como a IA pode influenciar a dinâmica de um compositor ou de um grupo de compositores. Frequentemente, o foco está centrado nos aspectos relacionados a direitos autorais e na criação de músicas por meio de

algoritmos de aprendizagem (*machine learning*) baseados em obras preexistentes (Suh, 2021, p. 1). Suh enfatiza que já é uma realidade o contexto de um trabalho cooperativo entre homem e máquina, exemplificado aqui pelo trabalho em equipe com o computador. Esse enfoque ressalta a necessidade de explorar não apenas os desafios legais e éticos associados à IA na criação musical, mas também as dinâmicas colaborativas que emergem da interação entre os compositores e a própria tecnologia dotada de certa autonomia.

Seguindo os tipos de interações que se constroem entre compositores e tecnologias, Aly (2021, p. 45) define a possibilidade de uma composição interativa entre o ser humano e um agente computacional. Essa interação implica o uso de instrumentos eletrônicos que tomam decisões musicais em resposta a ações musicais realizadas por um agente humano, que detém controle e liderança no processo, criando assim um novo espaço crítico de interação homem-máquina. Esses sistemas musicais interativos, conhecidos como IMS (ou SMI, sistemas musicais interativos), caracterizam-se por um fluxo de interação bidirecional entre os agentes, possuindo vários graus de controle e feedback (Aly, 2021, p. 45).

No entanto, é importante ressaltar que os procedimentos composicionais que alimentam tanto um sistema musical interativo quanto um agente de IA frequentemente têm suas raízes na composição musical algorítmica. Muitas vezes, essa abordagem é não determinística e utiliza conceitos de aleatoriedade e algoritmos estocásticos (Bellingham; Holland; Mulholland, 2018, p. 2). Os autores destacam que a criação de música algorítmica exige conhecimento em *software* que, por sua vez, demanda o entendimento de linguagens de programação, sejam elas gráficas ou textuais. Esse requisito ressalta a necessidade de competências técnicas específicas para explorar plenamente as capacidades da composição algorítmica no contexto da interação entre agente humano e agente computacional.

### **3.5 Construindo visões emergentes**

No âmbito deste texto, o termo "visão emergente" refere-se à projeção de uma representação de uma Trilha sonora e/ou sistema musical, juntamente com uma proposição de como ela será integrada em um ambiente virtual de uma plataforma digital específica. Trata-se de conceber e planejar os elementos técnicos que serão abordados durante as fases de planejamento, design e validação, a fim de serem posteriormente implementados em um jogo. Contudo, é imperativo que essa composição esteja em conformidade com as estruturas particulares do jogo em questão, incluindo a narrativa, a tecnologia disponível, o

design proposto e todo o sistema que abrigará o jogo. É então, a ato imaginar o produto já em conformidade com o contexto em que ele será criado e implementado.

Golding (2021, p. 1) descreve o processo de criação da trilha sonora para o jogo Untitled Goose Game, lançado em 2019 e concebido pelo estúdio *House House*, sediado em Melbourne, Austrália. A proposta de experiência do *game* envolve a simulação do controle de um ganso que interage de maneira disruptiva nas rotinas dos habitantes de uma pequena vila. Diante do contexto narrativo e das limitações orçamentárias inerentes a estúdios de pequeno porte, em contraste com as grandes produtoras, tanto Golding quanto qualquer outro compositor em sua posição enfrentam desafios ao desenvolver uma trilha sonora que deve se alinhar às propostas das mecânicas do *game* e das diretrizes artísticas e orçamentárias do jogo em desenvolvimento.

Este processo de criação de parâmetros e limitações do projeto é fundamental para torná-lo factível. Entenderemos aqui esse processo como a criação dos parâmetros das visões emergentes que compõem o jogo como um todo. Dessa forma, as diretrizes reguladoras em que a composição musical deve ser concebida farão parte do processo de idealização desde o início de sua concepção. Obra essa que é arbitrariamente mediada por uma tecnologia e um orçamento.

Seguindo tal raciocínio, destacamos a visão emergente por trás da elaboração da trilha sonora do jogo Untitled Goose Game (2019), que é o de criar uma experiência musical interativa inspirada nos filmes mudos do início do século XX (Golding, 2021, p. 1). A partir desse ponto, surgem diversos parâmetros regulatórios que devem ser atendidos para concretizar essa experiência, incluindo a necessidade de uma trilha sonora capaz de acompanhar o jogador e reagir às suas ações. Assim, o conceito de visão emergente, em conjunto com a proposta de criar parâmetros reguladores para a composição voltada para *videogames*, pode servir como base para a definição dos parâmetros regulatórios que guiarão a construção de uma perspectiva na qual a trilha sonora será desenvolvida.

A partir dos parâmetros reguladores e da concepção de um design artístico, surgem as proposições de soluções. Golding por exemplo, optou por utilizar música pré-gravada, especificamente uma gravação feita especialmente para o *game* de alguns dos Prelúdios de Debussy (1909), uma peça musical preexistente. Dessa forma, a trilha sonora é adaptada como parte integrante do sistema, adotando uma abordagem adaptativa e com uma alta reatividade às ações do jogador (Golding, 2021, p. 1). Nesse contexto, a música abordada reside em um design que procura gerar a sensação de que a música surge de uma ação, sendo na verdade trechos musicais pré-gravados e acionados apenas durante interações específicas do personagem, condicionados a ações previamente criadas no jogo.

Dessa forma, estabelecemos, a adoção do conceito de "Parâmetros de uma Visão Emergente" como um processo através da qual definiremos parâmetros regulatórios que orientarão a criação da trilha sonora para um *game*. Essa abordagem tem como objetivo sistematizar a gestão dos requisitos necessários a serem alcançados no processo interdisciplinar entre a composição musical, sua integração ao design do jogo e sua implementação por meio da construção de algoritmos. Importante notar que a definição desses parâmetros regulatórios pode ocorrer tanto no âmbito artístico quanto nos aspectos técnicos do sistema.

### 3.6 A Perspectiva do design

A **visão emergente** (Filion, 1993, p. 50), no contexto deste trabalho, concentra-se na formação de ideias e conceitos em torno da trilha sonora destinada a ser adaptada para um *videogame*. Antes de sua implementação no sistema do jogo, a trilha sonora, após idealizada e concebida, passa por avaliações, ponderações e testes com o objetivo de minimizar possíveis erros ou prejuízos ao produto final. Assim, o processo de tomada de decisão, fundamentado na busca por escolhas assertivas, torna-se essencial na fase inicial do projeto. Para aprofundar a compreensão sobre a criação e organização de diretrizes que orientem o projeto de maneira eficiente, apresentaremos nesta subseção trabalhos recentes e abrangentes sobre design, enriquecendo a presente discussão.

Robinson, Bown e Velonaki (2022, p. 1507) apresentam um estudo que reflete quão abrangentes são as necessidades de criar, combinar, implementar e avaliar sons para ambientes tecnológicos ao discutir esses processos no contexto da criação sonora para robôs de interação social. Com o intuito de orientar os primeiros passos de criação, os pesquisadores delineiam perguntas orientadoras que auxiliam no desenvolvimento de conceitos sobre como os sons dos robôs devem ser criados e/ou configurados (Robinson; Bown; Velonaki, 2022, p. 1507). Estas incluem:

1. **Quais funções os sons devem cumprir?**
2. **Como categorizar diferentes tipos de sons?**
3. **Como diferentes categorias devem se comportar?**

Os autores também enfatizam a necessidade de avaliação por meio de uma prototipagem criativa, desenvolvendo protótipos de projeto por meio de uma abordagem livre (Robinson; Bown; Velonaki, 2022, p. 1507). Esses procedimentos buscam alcançar resultados mais inovadores em vez de se basear apenas em resultados empíricos ou

critérios psicoacústicos. A validação dos protótipos visa abranger qualidades subjetivas e criativas para uma análise qualitativa do projeto e de seus artefatos e proto-artefatos.

Sendo assim, entendemos que os sistemas de relações sonoras são artificios que servem para estabelecer conexões entre todos os sons emitidos pelo sistema (Robinson; Bown; Velonaki, 2022, p. 1507). Já um processo holístico de design de som visa criar uma identidade sonora central, promovendo maior coesão e clareza no produto. A elaboração de um sistema de relações robusto contribui para a formação da identidade dos artefatos e do sistema como um todo, criando a percepção de que os objetos gerados possuem sua própria voz (Robinson; Bown; Velonaki, 2022; Murch, 2005).

Robinson, Bown e Velonaki (2022, p. 1507) continuam destacando algumas diretrizes norteadoras na construção do design sonoro para robôs, sendo elas:

1. **Os sons devem** resultar de uma combinação entre a intuição do designer de som e das decisões tomadas provenientes de estudos comportamentais.
2. **Os vários elementos do design** sonoro devem correlacionar-se entre si para criar uma identidade sonora central clara e reconhecível.
3. **Todos os sons**, não apenas as expressões afetivas, devem ter como objetivo transmitir qualidades emocionais e expressivas.
4. **Os sons presentes no sistema** devem ser fundamentados em uma base conceitual claramente definida.

Apesar de Robinson, Bown e Velonaki (2022, p. 1507) focarem seu artigo nos sons criados para robôs de interação social, consideramos que os conceitos de design apresentados por eles têm aplicabilidade genérica e podem ser utilizados no contexto das trilhas sonoras para *videogames*. Nesse sentido, destacamos algumas diretrizes para a construção robusta de uma narrativa sonora em um sistema musical para *videogame*, baseadas nas diretrizes apresentadas pelos autores citados. São elas:

1. **Narrativa:** Base conceitual do design de som.
2. **Fonte:** Causa percebida do som no ambiente virtual.
3. **Interatividade:** A forma como o som projetado concatena-se ao ambiente e se desenvolve ao longo do tempo.
4. **Produção de conteúdo:** Como o sistema evolui e cria novas sínteses sonoras, podendo ser interativo, adaptativo e/ou procedural.

Em paralelo, Murch (2005, p. 7) propõe conceituações que servem como ferramentas na abordagem da combinação de elementos sonoros no contexto do cinema. Ele divide o design sonoro para o cinema em três categorias fundamentais: **fala/linguagem**,

**efeitos sonoros e música.** A fala consiste em códigos transmitidos por meio de sons, enquanto os efeitos sonoros atuam como metalinguagem, e a música é composta por sons desprovidos de códigos específicos, carregando, por si só, significados passíveis de interpretação (Murch, 2005, p. 7). A criação de sistemas e definições, conforme apresentado por Murch, não apenas contribui para a compreensão e manipulação na construção de ambientes sonoros no cinema, mas também se revela útil no contexto dos *videogames*.

Seguindo a linha de pensamento de Murch (2005, p. 7), a fala deve conter nuances para evitar monotonia e transmitir emoção. O autor destaca que percebemos essas nuances na fala como uma graduação de emoções, onde uma amplitude maior dessas graduações resulta em uma transmissão mais intensa de emoção. Assim, Murch define essa escala entre um som "quente" ou "frio", indicando que quanto mais intensa a emoção, mais "quente" é o som, e vice-versa.

Esse conceito pode ser estendido para os efeitos sonoros que representam ações dos personagens ou elementos presentes na cena. Quando os efeitos sonoros se tornam mais intensos, portanto, quentes, aproximam-se do que percebemos como uma construção musical melódica, com notas de alturas definidas e uma correlação perceptível entre si (Murch, 2005, p. 7). Isso destaca um processo de criação de um mecanismo de interconexão entre a fala e os efeitos sonoros para ter o maior controle da transmissão de emoções nos sons contidos na cena.

Murch (2005) enfatiza também o conceito de "layers" (camadas), que, para os propósitos da construção de um design de áudio, pode ser entendido como uma série conceitualmente unificada de sons que ocorrem de maneira mais ou menos contínua, sem grandes intervalos entre os sons individuais. Por exemplo, o grito de uma única gaivota não forma uma camada conjunta com o som de um carro. Tanto a combinação dos sons dentro de uma camada quanto a combinação dessas camadas devem ser cuidadosamente planejadas e testadas durante o processo de criação. Isso ressalta a importância de conceituar e estabelecer procedimentos que minimizem as incertezas e maximizem a eficácia do processo de criação de uma trilha sonora, seja para cinema, conforme proposto por Murch, ou para *videogames*, como sugerido nesta seção do presente texto.

Conforme destacado por Hug e Misdariis (2011, p. 23), as qualidades emocionais e expressivas dos sons não devem ser consideradas meros adornos, mas sim elementos essenciais para evitar o desinteresse do usuário. Sons irritantes ou mal executados podem tornar o produto entediante e até mesmo irritante. Portanto, é crucial abordar a criação de sons de maneira holística, considerando todo o sistema e construindo uma "poética" sonora. Isso implica em dedicar máximo cuidado à criação de formas,

composições e qualidades sensoriais únicas e elaboradas. Caso os artefatos sonoros não possuam essa qualidade "poética", permaneceriam como eventos incidentais colaterais à nossa experiência, sem integrar-se às narrativas (Hug; Misdariis, 2011, p. 23).

### 3.7 Prototipagem e gestão

A criação ou adaptação de uma música para um *videogame* visa integrá-la como parte essencial de um *software*, incorporando-a por meio de algoritmos. Essa música desempenha um papel crucial na busca pela finalidade última do produto, o que torna imprescindível não só garantir congruência entre os elementos estéticos, mas também garantir seu funcionamento intrínseco ao sistema.

Entendemos então, que a sincronia da música com as características do sistema, incluindo aspectos artísticos, é fundamental. No entanto, devido à natureza técnica da implementação, é possível que ocorram erros ou até uma produção ineficientes de artefatos que se tornem irrelevantes para o produto final. Diante desse cenário, torna-se pertinente a avaliação e validação dos proto-artefatos e artefatos que serão incorporados ao jogo. Uma abordagem eficaz para esse processo é a utilização da prototipagem, conforme destacado por Golding (2021, p. 1) e Lotfi, Belahbib e Bouhorma (2014, p. 173).

Keshlaf e Hashim (2000, p. 297) destacam a relevância do gerenciamento de riscos na indústria de *software*, ressaltando que a falta desse gerenciamento pode comprometer a qualidade do produto e, em casos extremos, inviabilizar o projeto. O desenvolvimento de *software* é inerentemente arriscado, e muitos projetos enfrentam desafios que resultam em fracassos. Um dos pontos cruciais abordados por Keshlaf e Hashim é a carência de uma documentação clara que possua um equilíbrio entre ser um documento detalhado, porém, de fácil entendimento e verdadeiramente eficaz (2000, p. 297).

Ainda de acordo com Keshlaf e Hashim (2000), a documentação convencional, que inclui dados históricos, representações gráficas e análises estatísticas, não é suficiente para as operações de gestão. Eles ressaltam que as ferramentas existentes também não oferecem suporte adequado aos usuários que permitam estimar a probabilidade e a magnitude dos riscos. Nesse contexto, a ausência de uma documentação abrangente e a limitação das ferramentas disponíveis destacam a necessidade de aprimoramentos significativos no gerenciamento de riscos na indústria de *software*.

Uma possível solução para lidar com os desafios apontados por Keshlaf e Hashim (2000, p. 297) é adotar um modelo de documentação mais simples, incorporando uma seção específica voltada para o gerenciamento de riscos. A proposta é simplificar a

abordagem documental, enquanto se concentra de forma mais acentuada na identificação, análise e mitigação dos riscos associados ao desenvolvimento de um determinado projeto.

Bowser (2013, p. 1519) destaca a relevância do protótipo nos estágios iniciais de um projeto de design. Esse método oferece aos designers a oportunidade de testar a viabilidade de suas ideias por meio de múltiplos protótipos, empregando uma variedade de procedimentos e níveis de complexidade. A flexibilidade inerente a esse processo permite a utilização de diferentes tipos de protótipos, variando em fidelidade e complexidade conforme necessário.

Os protótipos podem ser de baixa fidelidade, como os feitos em papel, até os de alta fidelidade, que buscam avaliar usabilidade e experiência do usuário. Bowser destaca ainda a eficácia do protótipo de fidelidade média ou mista como uma solução equilibrada. Esse tipo de protótipo apresenta uma interface mais elaborada, porém não incorpora todas as funcionalidades do produto final (Bowser, 2013, 1519). Essa abordagem permite uma avaliação mais abrangente, considerando aspectos cruciais da usabilidade sem comprometer a eficiência do processo de prototipagem.

Bowser (2013, p. 1519) destaca algumas diretrizes essenciais a serem seguidas no processo de prototipagem:

- a. **Comece com Protótipos Menores e Aumente a Fidelidade e Complexidade:** Iniciar com protótipos de menor escala e, gradualmente, aumentar a fidelidade e complexidade ao longo do processo, permite uma abordagem mais controlada e iterativa.
- b. **Realize Testes que Representem a Realidade:** Garanta que os testes realizados durante a prototipagem representem situações da vida real, proporcionando insights mais relevantes para a eficácia do produto.
- c. **Concentre-se mais nas Atividades de Implementação de Requisitos do que na Interface:** Priorize as atividades relacionadas à implementação de requisitos, concentrando-se não apenas na interface, mas também nos elementos funcionais e nas necessidades essenciais do usuário.
- d. **Tente Gerar uma Experiência Autêntica Respeitando o Tempo Real do Produto:** Busque gerar uma experiência autêntica durante os testes de prototipagem, respeitando o tempo real em que o produto final será utilizado. Isso contribui para uma avaliação mais precisa e alinhada com as expectativas dos usuários.

Gabler (2005, p. 1) enfatiza as vantagens da adoção de procedimentos de prototipagem rápida, uma prática útil para evitar riscos e reduzir a chance de fracasso ao longo de todo o projeto. Além disso, o autor destaca benefícios ao empregar a técnica de produção simultânea de múltiplos protótipos, evidenciamos duas delas:

1. **Mitigação de Riscos:** Desenvolver dois ou mais protótipos simultaneamente permite tomar decisões de design mais arriscadas, com a segurança de que pelo menos um ou dois deles provavelmente serão bem-sucedidos. Isso contribui para a minimização de riscos e aprimora a capacidade de tomar decisões informadas durante o processo de prototipagem.
2. **Exploração Temática Mais Ampla:** A produção simultânea de múltiplos protótipos possibilita uma exploração mais abrangente, tanto do ponto de vista temático/artístico quanto das soluções técnicas. Essa abordagem acelerada facilita a avaliação abordando diferentes direções, permitindo uma tomada de decisão mais esclarecida e eficiente.

Gabler (2005, p. 1) destaca ainda seis princípios orientadores para a fase de prototipagem do projeto:

- a. **Testar Funcionalidades e Mecânicas em Separado:** Realize testes separados para funcionalidades e mecânicas, permitindo uma avaliação mais focada e a identificação precisa de áreas de melhoria.
- b. **O Que Importa é o que Funciona, Seja Simples e Nem Sempre Siga o Manual:** Priorize o que efetivamente funciona, adotando uma abordagem simples e flexível, muitas vezes desviando das regras convencionais quando necessário.
- c. **Corte o que Não Funciona:** Seja assertivo na eliminação de elementos que não contribuem para o funcionamento ou aprimoramento do projeto.
- d. **Construa um Bom Design, Não Mascare, Não Dá para Polir Algo Ruim ou Disfuncional:** Valorize a construção de um design sólido desde o início, evitando a tentativa de "mascarar" falhas, pois não é possível polir algo intrinsecamente ruim ou disfuncional.
- e. **A Estética Geral é Algo Importante, Aplique um Equilíbrio entre Música, Arte e Som:** Reconheça a importância de conceitos já estabelecidos sobre estética, buscando um equilíbrio harmonioso entre elementos como música, arte e som.
- f. **Ninguém se Importa com Sua Excelente Engenharia, o Todo Tem que Funcionar de Forma Equilibrada:** Apesar da importância da engenharia, é crucial compreender que, no contexto geral, o projeto precisa funcionar de

maneira equilibrada. O foco deve estar na experiência do usuário e na funcionalidade do produto.

Além disso, Lotfi, Belahbib e Bouhorma (2014, p. 173) sugerem um modelo de prototipagem rápida para *videogames*, que envolve:

1. **Análise de necessidades;**
2. **Design;**
3. **Prototipagem e Desenvolvimento;**
4. **Validação;**
5. **Avaliação.**

A combinação estratégica da documentação simplificada com procedimentos de prototipagem rápida tem se mostrado eficaz na minimização dos riscos, conforme evidenciado nos estudos analisados.

Lotfi, Belahbib e Bouhorma (2014, p. 173) ainda destacam algumas características essenciais que um protótipo deve possuir:

- a. **Escalabilidade:** O protótipo deve ser capaz de se adaptar e crescer conforme as necessidades do projeto, garantindo que ele possa evoluir de maneira eficiente.
- b. **Reprodutibilidade:** A capacidade de reproduzir o protótipo é crucial para permitir testes consistentes e a validação contínua ao longo do desenvolvimento.
- c. **Compatibilidade com o Motor do Jogo:** É fundamental que o protótipo seja compatível com o motor do jogo em questão, assegurando uma integração suave e eficaz.

Os autores também ressaltam (Lotfi; Belahbib; Bouhorma, 2014) que a prototipagem oferece a vantagem de possibilitar testes com usuários, permitindo que estes expressem suas opiniões sem a preocupação direta com o sistema e o código subjacente. Esse aspecto facilita a avaliação de diversos elementos da experiência do usuário, contribuindo para um refinamento mais efetivo do projeto.

Pirker, Kultima e Gütl (2016) também propõe uma variação dos procedimentos de prototipagem, adaptando-os especificamente para a indústria dos *games*. Os passos delineados para a prototipagem de um jogo incluem:

- a. **Criação da Ideia ou Conceito Base:** Inicia-se o processo com a concepção da ideia fundamental ou conceito que servirá como base para o jogo.
- b. **Criação do Design:** Esta fase envolve a elaboração detalhada do design do jogo, delineando suas mecânicas e características principais.

- c. **Desenvolvimento:** A implementação prática do design, onde o jogo começa a ganhar forma e funcionalidade.
- d. **Teste e Gameplay:** Realização de testes para avaliar as mecânicas e a jogabilidade. Nesta etapa, o foco está na experiência do usuário durante o jogo.
- e. **Avaliação do Teste do Gameplay:** Após os testes, realiza-se uma avaliação crítica da jogabilidade, identificando pontos fortes, áreas de melhoria e ajustes necessários.

O objetivo central desse processo, conforme proposto por Pirker, Kultima e Gütl (2016, p. 54), é viabilizar um desenvolvimento rápido, teste eficaz e uma avaliação contínua das mecânicas e jogabilidade do jogo. Em contraste com outros estudos discutidos anteriormente, Soute, Lagerström e Markopoulos (2013, p. 64) destacam que, mesmo em uma abordagem de prototipagem rápida, é crucial incorporar recursos tecnológicos desde os estágios iniciais do processo.

Essa perspectiva enfatiza a importância de integrar elementos tecnológicos desde o início do processo, reconhecendo que a incorporação precoce desses recursos pode antecipar os testes e validação de aspectos técnicos essenciais para o projeto. Essa abordagem destaca a relevância de encontrar um equilíbrio efetivo entre funcionalidade e tecnologia desde o início da prototipagem. Ao incorporar recursos tecnológicos precocemente, a equipe de desenvolvimento pode identificar desafios técnicos e realizar testes mais abrangentes, garantindo que a funcionalidade do jogo esteja alinhada com as capacidades tecnológicas desde as fases iniciais do projeto.

Em paralelo ao desenvolvimento da indústria de *software*, que busca alternativas para mitigar os erros e garantir maior assertividade no processo de criação de um *software*, surgem iniciativas idealizadas pela própria indústria dos *games*. Uma dessas abordagens é o conceito de documentação específica para os jogos, com foco no *game design*, denominado *Game Design Document* (GDD). O GDD é um documento de registro de um projeto de jogo, podendo ser amplo ou concentrado em um setor ou departamento específico. Ele é comparável a um documento de criação e registro de *software*, entretanto, aborda contextos artísticos e particularidades dos *videogames*, tais como narrativa, história, arte e outras necessidades específicas (Motta; Junior, 2013, p. 115).

O GDD é um documento altamente particular, pois o universo de criação de conteúdo para *videogames* possui suas próprias necessidades de desenvolvimento, devendo atender às demandas particulares de cada projeto. Nesse sentido, ele varia consideravelmente entre desenvolvedores, empresas e as necessidades individuais de cada empreendimento (Motta; Junior, 2013, p. 115). Geralmente, o GDD não é um documento

pequeno; no entanto, há um movimento que busca elaborar o GDD de maneira concisa e sucinta. Apesar da grande variabilidade na sua criação, a delimitação de um GDD passou a seguir alguns modelos padrões, como os *One Page*, *Ten Pages* e o *Game Document* (Motta; Junior, 2013, p. 115).

1. **One Page:** O *One Page* é um documento inicial do projeto com a finalidade de sistematizar o início de sua criação. Além disso, serve para apresentar o projeto em reuniões com investidores, proporcionando uma visão resumida, porém abrangente do conceito e dos objetivos do jogo.
2. **Ten Pages:** O *Ten Pages* é um tipo de documento mais extenso que o *One Page*. Ele registra departamentos específicos ou situações do projeto em andamento. Este modelo permite uma abordagem mais detalhada em comparação com o *One Page*, sendo útil para equipes e gestores acompanharem diferentes aspectos do desenvolvimento do jogo.
3. **Game Document (ou Game Bible):** O *Game Document*, também conhecido como *Game Bible*, é o registro geral do projeto dividido em seções, abrangendo todas as informações necessárias para a comunicação entre as equipes e setores de produção, monitoramento e gestão do desenvolvimento do jogo. Este tipo de GDD é mais abrangente e completo, servindo como um guia para a equipe de desenvolvimento. Ele contém detalhes sobre todos os aspectos do jogo, desde a concepção até a implementação, proporcionando uma visão holística do projeto.

Motta e Junior enumeram, em complemento às informações anteriores, algumas características que o **Game Design Document (GDD)** deve possuir, entre elas:

- a. **Listas:** A criação de diversas listas de elementos do jogo a serem desenvolvidos. Isso inclui listas de assets, mecânicas, telas, personagens, itens, entre outros;
- b. **Encadeamento de Informações:** O jogo é descrito por meio de uma lógica que encadeia as informações, principalmente baseada na mecânica do jogo, ou seja, como o jogo começa, se desenvolve e termina;
- c. **Telas:** Descrições das telas do jogo, tais como telas iniciais, telas de história, telas de comandos, telas de jogo, de vitória, de derrota, etc.

O GDD deve possuir uma lógica clara para ser desenvolvido e ser compreensível tanto por leigos quanto por profissionais.

Abordando o conceito de Gestão de Projetos (GP), Pieva e Bernardino ressaltam que, no gerenciamento de projetos de *games*, a aplicação de métodos ágeis demonstra ser

altamente eficaz (2023, p. 161). O estudo evidencia uma significativa adesão aos sistemas de gestão provenientes da área de *software*. Destacamos que essa prática de gestão pode impactar diretamente no processo de formação na área da composição, uma vez que a música precisa se alinhar aos padrões industriais de criação, transformando assim o processo de composição musical.

### 3.8 A Proposição de um protocolo de auxílio à tomada de decisão

A Documentação proposta neste capítulo é voltada para tomada de decisão no processo composicional de trilhas sonoras com qualidades generativas para *videogames*, documentação esta que foi especialmente pensada para atuação nas fases iniciais de um projeto desta natureza. Seu objetivo principal é integrar o processo de criação musical com os procedimentos técnicos da área de desenvolvimento de *software*, abrangendo desde a ideação e o planejamento até o design, a prototipagem e a validação. Portanto, o **Protocolo de Auxílio à Tomada de Decisão (PATD<sup>23</sup>)** que apresentaremos foi concebida como uma ferramenta orientadora que se inicia como dois *frameworks* e evolui para uma tabela de decisões tomadas.

A estrutura do modelo se organiza em quatro componentes distintos, denominados caixas de decisão. Cada uma delas está direcionada a um aspecto específico do estágio inicial do processo de planejamento e criação de trilhas sonoras com qualidades generativas para *videogames*, sendo seu conceito estrutural influenciado principalmente pela abordagem de visão emergente proposta por Fillion (1993, p. 50). Essa abordagem está correlacionada aos dados apresentados nesta sessão do presente capítulo por meio de uma revisão de literatura focalizada em prototipagem, gestão, sistemas musicais para *videogames* e documentação de *game design*.

O procedimento envolve a abordagem sequencial, porém dinâmica, das caixas de decisão, respondendo a perguntas norteadoras durante um desenvolvimento incremental da visão emergente do produto a ser desenvolvido. À medida em que navegamos pelos processos de tomada de decisão, progressivamente construímos uma visão emergente e uma proposta de prototipagem e validação, preparando o terreno para a criação do produto em si.

O procedimento proposto é dividido em quatro partes, são elas:

1. **Estabelecendo as Relações:** Durante a fase inicial da idealização, é crucial abordar as relações intrínsecas ao processo de criação. Nesse contexto, o termo

---

<sup>23</sup> A sigla PATD refere-se ao termo criado neste trabalho para definir o modelo proposto de **Protocolo de Auxílio à Tomada de Decisões**, aplicável a projetos de criação de trilhas sonoras e/ou áudios para videogames.

"relações" não se refere a aspectos interpessoais ou à gestão de pessoas, mas sim às interações entre o desenvolvedor/compositor e as tecnologias utilizadas no processo de criação. Dessa forma, as relações envolvem a concepção de um sistema dinâmico situado na fronteira entre a Criatividade Computacional (CC) e a Cocriação Computacional (CCC). Isso implica na definição de um nível de dinamismo do áudio, seguindo os conceitos apresentados por Collins para áudio dinâmico (2005; 2007; 2009), e na construção das normas de relações entre tecnologia e criação musical. Esse componente abrange não apenas as relações no processo de criação e monitoramento do sistema musical, mas também os processos de validação dos proto-artefatos gerados pelo sistema, seguindo um modelo incremental ativo.

2. **Identificando e Estabelecendo Parâmetros Guia da Composição Musical:** Essa fase do projeto concentra-se na concepção de como a música deve operar dentro do jogo, estabelecendo os parâmetros que guiarão a composição musical. Esse processo envolve o desenvolvimento de soluções que viabilizem a implementação de uma composição musical em um sistema, seguindo as normas propostas e alinhando-se a dois pontos cruciais identificados como (1) **narrativa** e (2) **sistema**. A narrativa, neste contexto, abrange os aspectos emocionais e artísticos que o jogador experimentará, enquanto o sistema compreende os mecanismos programáveis e algorítmicos pelos quais a trilha sonora deve percorrer para funcionar adequadamente no sistema implementado no *game*. O objetivo principal é estabelecer um planejamento que permita o nascimento e a prototipagem da trilha sonora.
3. **Criando um Design de Mudança para a Visão Emergente:** Neste estágio do processo de criação, estabelece-se o design da trilha sonora procedural para *videogame*, sendo a construção do design do processo de mudança o elemento-chave do conceito de música procedural apresentado aqui. O design do processo de mudança diz respeito a como a música muda a medida em que o jogo se desenvolve, e como esses processos podem ser percebidos pelo jogador e automatizados por meio de métodos procedurais. Utilizaremos o conceito de **Geradores de Conteúdos Procedurais (Procedural Content Generation)**, conforme definido por Shake e Torgelius (2016)<sup>24</sup>. Isso se refere à automação, por computadores, da criação de conteúdo, total ou parcialmente, por meio de

---

<sup>24</sup> Os autores **Shaker, Torgelius e Nelson** (2016) também compreendem os **Geradores Procedurais de Conteúdos** sob a nomenclatura de **Métodos Generativos**.

algoritmos em um sistema computacional. Neste processo, concentraremos nossos esforços na construção de ferramentas de automação por meio de algoritmos e na gestão da mudança percebida pelo jogador. O ponto crucial reside em como criar e automatizar essas mudanças de maneira integrada tanto à narrativa quanto ao sistema do jogo.

4. **Prototipagem e Validação das Visões:** Neste ponto, o foco está na construção de protótipos para concretizar as visões emergentes idealizadas, a fim de testá-las para validação em várias instâncias. No entanto, utilizaremos como âncoras dois pontos fundamentais: os testes usabilidade, avaliando aspectos externos do produto, como a percepção da coesão entre os artefatos artísticos e uma avaliação de como esses artefatos contribuem para uma melhor jogabilidade; e os testes intrínsecos ao sistema computacional para testes relacionados à implementação em forma de algoritmo no jogo. Basicamente, propõe-se a utilização dos conceitos de prototipagem já estabelecidos e apresentados em nossa revisão de literatura para validar tanto a experiência do usuário quanto a implementação do sistema, porém, adaptados para a realidade do projeto em desenvolvimento.

Acreditamos que ao utilizar o PATD é possível conceber uma visão emergente de uma composição com qualidades generativas sólida e de claro entendimento para a sua implementação em um jogo.

### 3.9 Apresentação do Protocolo de Auxílio à Tomada de Decisão (PATD)

O PADT é a combinação de dois *frameworks* visuais (Figuras 26 e 27) com um modelo de questionário/documento de áudio para jogos digitais. Esse procedimento tem como propósito criar parâmetros dinâmicos, direcionando o processo de criação. Posteriormente, o que inicialmente seria um questionário se transforma em um formulário contendo as principais decisões relacionadas ao sistema de áudio do jogo a ser projetado. Esse processo é delineado por quatro eixos principais: **Relações, Parâmetros Guia da Composição, Design da Mudança e Prototipagem** (ver Figura 26).

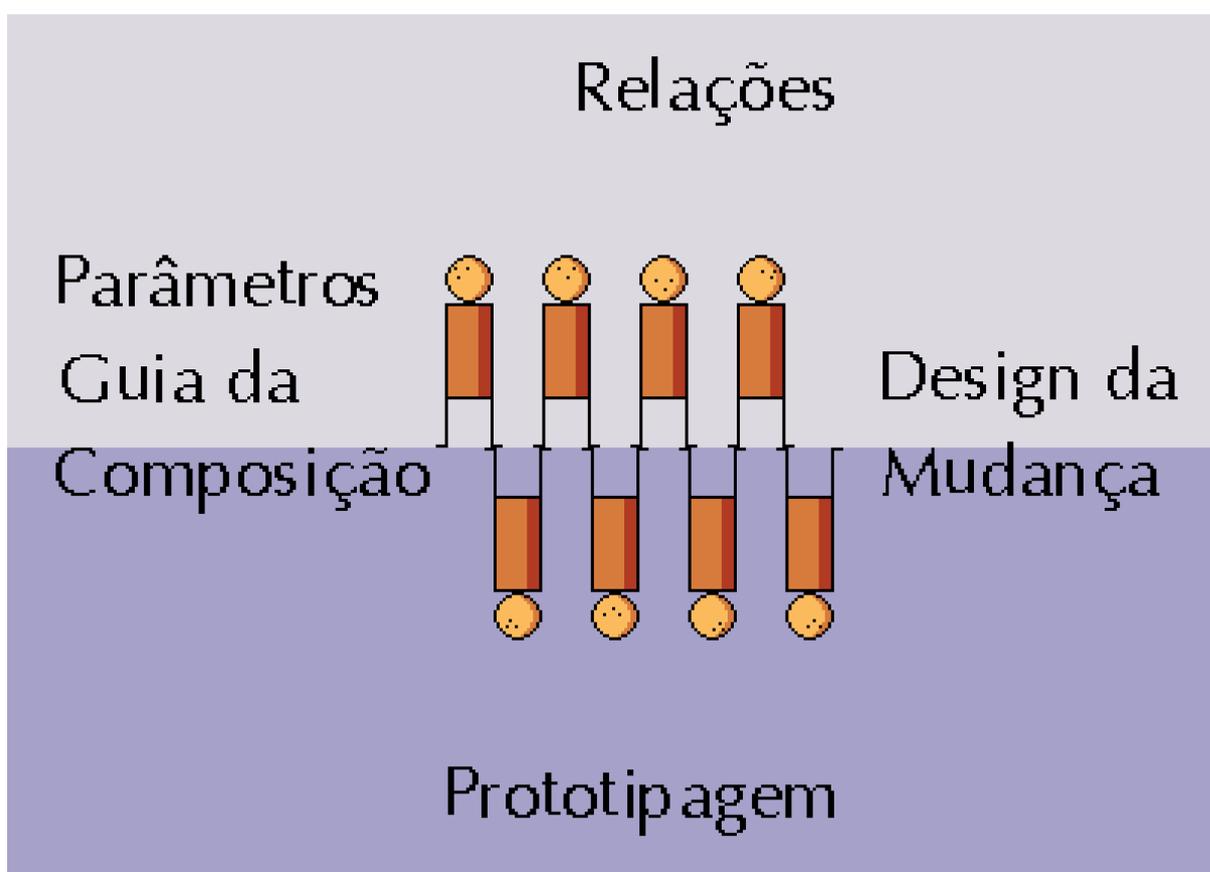


FIGURA 26: *FRAMEWORK DO MODELO DE TOMADA DE DECISÕES 1* (FONTE: CONFECÇÃO PRÓPRIA).

De um lado desses eixos (referindo-nos ao modelo de documento apresentado na Figura 27), estão os elementos que compõem o sistema, como, por exemplo, a composição musical e o gerador de conteúdo procedural. No outro lado, realizam-se os testes funcionais (do sistema) e estéticos (dos elementos artísticos), mediados por duas forças verticais: a narrativa e o design do jogo.

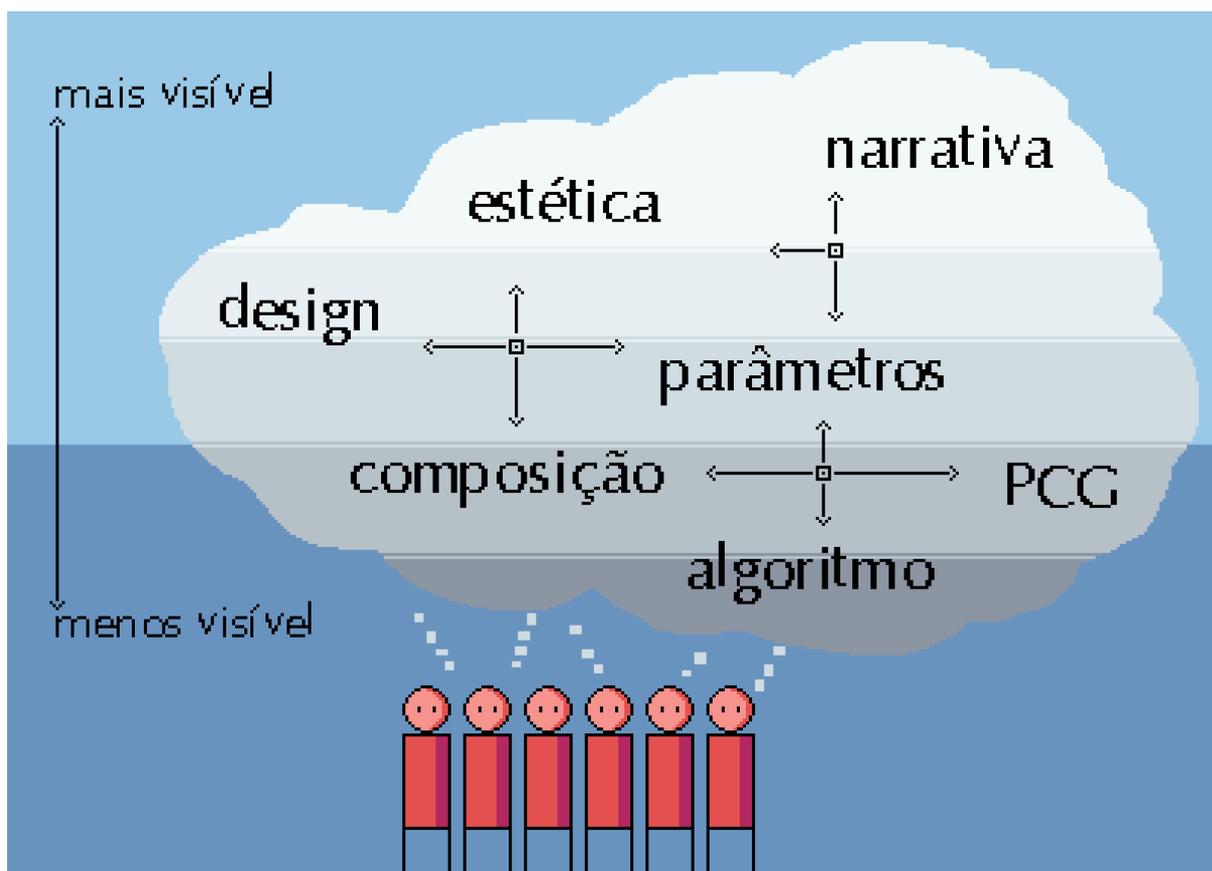


FIGURA 27: FRAMEWORK DO MODELO DE TOMADA DE DECISÕES 2 (FONTE: CONFECÇÃO PRÓPRIA).

Na Figura 26, observa-se a representação visual simplificada dos elementos que o PADT pretende integrar. A proposta desse modelo é atuar de forma dinâmica, tanto individualmente quanto em equipe, conectando de maneira transversal o processo de criação musical com o design geral do jogo. O documento referente ao projeto da música com qualidades generativas, que será apresentado a seguir, surge da necessidade de um controle mais rigoroso na composição de peças com essas características. Esse modelo é apresentado em formato de questionário e pode ser anexado ao GDD (*Game Design Document*), integrando, assim, o processo de criação musical.

Ainda sobre a Figura 26, propomos a compreensão de que alguns elementos são mais facilmente percebidos como conectados, como é o caso dos algoritmos e dos PCGs (geradores de conteúdo procedural). Por outro lado, entre elementos como os algoritmos e a narrativa, observa-se uma maior distância em suas conexões. No entanto, com o modelo visual, é possível gerar uma compreensão do todo e sugerir maior interação entre esses elementos.

Esse processo de aplicação do modelo proposto pode ser visto como benéfico para o processo de criação de *games* com qualidades generativas, já que uma música com

essas características possui uma complexidade adicional que deve ser mediada. No entanto, a complexidade envolvida ainda apresenta um desafio adicional para a equipe, uma vez que a integração de elementos procedurais ao contexto geral do jogo demanda uma visão holística do design. Nesse cenário, acreditamos que o PADT pode desempenhar um papel significativo no processo de implementação diminuindo os riscos que a composição procedural pode representar para um projeto.

Apresentaremos a seguir a proposição do questionário integrativo para a composição musical de uma trilha sonora procedural para *videogames*.

**Relações** entre o compositor e a tecnologia utilizada no projeto (caixa de decisões 1):

1. **Comportamento Musical no Jogo** (Conceito Básico Inicial): Defina o comportamento da música no jogo em relação ao comportamento sistema que será implementado. A música será criada a partir do embaralhamento de compassos e remontada em tempo real? Qual síntese de criação musical será aplicada? Estruture o comportamento por passos e veja se faz sentido sua implementação.
2. **Contexto Tecnológico do Game**: Identifique a *engine* de jogo e a linguagem de programação que serão utilizadas. Verifique se existem limitações específicas relacionadas à implementação de música procedural nesse ambiente.
3. **Tempo para Compor e Implementar a Música**: Estabeleça um cronograma realista para a composição e implementação da trilha sonora, levando em consideração prazos e recursos disponíveis.
4. **Método ou Algoritmo Procedural**: Escolha ou desenvolva um método ou algoritmo procedural que atenda aos objetivos específicos do comportamento musical desejado para o jogo.
5. **Tratamento dos Proto-Artefatos**: Determine como os proto-artefatos serão tratados. Eles serão mensuráveis ou terão um comportamento generativo, sendo difíceis de quantificar suas mudanças? Esclareça as características desejadas para orientar o processo de composição.
6. **Composição do Conteúdo Musical**: Especifique a forma do conteúdo musical. Serão utilizados compassos tradicionais, trechos embaralhados ou serão frequências sonoras gerada por objetos no cenário? Essa descrição concreta auxiliará na tomada de decisões durante a composição.

**7. Relação entre Música e Cenário pela Perspectiva da Programação:**

Considere como a música interagirá com o cenário do jogo. Serão incorporados elementos visuais ou eventos específicos que influenciarão a composição musical? Considere a integração da música na lógica da programação.

É relevante destacar que as questões propostas representam apenas um mecanismo inicial para contextualizar a trilha sonora no processo de criação. Novas questões surgirão e se somarão à conceituação desta fase da composição, que se refere à definição das relações entre a composição musical e a tecnologia utilizada para dar movimento à obra.

**Estabelecimento dos parâmetros** e definição das normas norteadoras do processo composicional procedural (caixa de decisões 2).

1. **Narrativa do Jogo e Contribuição da Música:** Como a narrativa do jogo será apresentada, e de que maneira a música deve contribuir para enfatizar a experiência proposta?
2. **Reatividade da Música às Ações do Jogador:** A música será reativa às ações do jogador? Terá a função de narrar eventos no jogo? Quais comportamentos específicos ela deve exibir?
3. **Parâmetros e Coerência Musical:** Quais parâmetros a música deve seguir para manter a coerência no contexto do jogo? Será tonal ou formada por clusters com sonoridades do ambiente visual? Como configurar esses elementos musicais?
4. **Processo Composicional e Implementação:** Como será o processo composicional em relação à sua implementação prática? Como os tracks serão tratados durante a implementação?
5. **Índice de Repetição e Estrutura Musical:** Qual será o índice de repetição da música? Serão criados temas específicos ou reproduzidos de forma aleatória?
6. **Objetivo Final da Trilha e Contribuição Para a Imersão:** Qual é o objetivo final da trilha sonora? Como ela contribuirá para a imersão do jogador no universo do jogo?
7. **Relação da Composição com Cenário, Narrativa e Personagens:** Como a composição se relaciona com o cenário, a narrativa e os personagens do jogo? Como a música pode enfatizar esses elementos?

Essas perguntas visam estabelecer relações entre a narrativa do jogo e o sistema computacional a partir da definição de parâmetros composicionais no contexto da composição procedural.

**O design do processo de mudança** na música para a criação de uma visão emergente de uma música procedural para *videogame* (Caixa de Decisões 3):

1. **Nível de Mudança na Música:** Qual é o nível de mudança que a música deve passar? Por que a música deve mudar e qual é a função dessas mudanças para a narrativa do jogo?
2. **Percepção de Mudanças:** Como será percebida a mudança na música? Serão utilizados diferentes gêneros musicais? Mudanças na densidade sonora? Tensões e dissonâncias? Como será construído o conceito de mudança no contexto do jogo?
3. **Alinhamento com Outros Mecanismos do Jogo:** As mudanças na música estão alinhadas com outros mecanismos do jogo? A mudança deve acompanhar alguma mecânica específica do jogo e ser sincronizada?
4. **Poética da Mudança:** É importante criar uma poética para as mudanças na música, evitando alterações arbitrárias ou desnecessárias. A mudança deve ter um propósito claro e contribuir para a experiência do jogador.
5. **Transições:** É para causar surpresa no jogador, ou as transições serão suaves e integradas à narrativa do jogo?
6. **Objetivo Final da Trilha Procedural:** Qual é o objetivo último de ter uma trilha procedural? É imprescindível ter uma trilha procedural? Quais são os benefícios esperados?
7. **Construção Musical das Sensações de Mudança:** Musicalmente falando, como serão construídas as sensações de mudança no sistema? Quais elementos musicais serão utilizados para transmitir efetivamente essas mudanças?

Essas perguntas visam orientar o design do processo de mudança na música, garantindo que as alterações sejam significativas para a narrativa, estejam alinhadas com a mecânica do jogo e proporcionem uma experiência musical envolvente para o jogador.

**Prototipagem e validação** da música procedural como uma visão emergente (Caixa de Decisões 4):

1. **Fases de Prototipagem:** Qual complexidade de prototipagem (baixa, média ou alta fidelidade) será utilizado e quantas fases de prototipagem serão realizadas para validar a proposta de composição?
2. **Sistemas na Trilha Sonora:** Quantos sistemas serão utilizados em toda a trilha sonora? Como esses sistemas dialogarão entre si?

3. **Prototipagem das Mecânicas em Relação à Narrativa do Jogo:** Como será prototipada a mecânica da música para testá-la em relação à narrativa do jogo?
4. **Incorporação da Arte no Protótipo:** Será incorporada a arte no protótipo para obter um resultado mais completo e fiel à visão final?
5. **Mecanismos de Validação:** Quais mecanismos de validação serão utilizados para assegurar a qualidade e adequação da música procedural ao contexto do jogo?
6. **Teste das Necessidades e Complexidades dos Sistemas:** Como o protótipo testará as necessidades da criação de sistemas e suas complexidades? Quais ajustes ou otimizações serão considerados?
7. **Relevância do Sistema para o Jogo como um Todo:** Como testar a relevância do sistema para o jogo como um todo? Em que medida a música procedural contribui para a experiência global do jogador?

Essas perguntas visam orientar o processo de prototipagem e validação da música procedural, garantindo que a implementação esteja alinhada com a visão emergente do projeto e atenda às necessidades narrativas e técnicas do jogo.

### 3.10 Considerações sobre o capítulo

No presente capítulo, apresentamos uma proposição de documentação direcionada para a criação de composições e sistemas musicais com qualidades generativas. Procedemos com sua construção a partir de um levantamento bibliográfico que englobou áreas próximas da gestão de tecnologia da informação e do design. Essa escolha foi tomada para diminuir a distância entre o ato de compor a obra procedural e o ato de implementá-la em um *game*.

A revisão de literatura mostrou que é dada uma importância grande à prototipagem e à gestão de riscos na criação de um *software*. Sendo assim, defendemos que a composição de uma trilha musical para *videogame* pode ser beneficiada se for criada também como parte do *software* em que ela será implementada. Utilizando, assim, os procedimentos de prototipagem e gestão de riscos como parte do processo de criação.

Em paralelo, procuramos mostrar que pode ser interessante criar outros tipos de documentação com o intuito de complementar o GDD clássico e, ao mesmo tempo, interligar o processo de criação da composição musical com qualidades generativas aos procedimentos de produção dos algoritmos que darão movimento a obra musical. Lembrando que obter qualidades generativas, no contexto dos *games*, é lidar com programação via algoritmos no processo do jogo como um todo, jogo este que é um

*software*. Dessa forma, pretendemos evidenciar que parte do processo de criação dessas trilhas musicais procedurais é também imaginar e projetar os comportamentos dessas músicas.

Sendo assim, entendemos que o processo de criação de uma música generativa, que contribua para que uma mídia interativa possa gerar experiências únicas, deve partir da criação artística — ou seja, do processo de composição musical em si — juntamente com o desenho de seu comportamento no *game*. Seguindo essa premissa, o compositor deve idealizar tal comportamento de forma factível, considerando a música por suas qualidades como parte de um *software* e levando em conta suas particularidades. Dessa forma, será possível resolver problemas na implementação e encontrar, regularmente, formas interessantes de fazer a música se comportar de maneira adequada ao contexto em questão.

## Capítulo 4 - O processo de reconfiguração presente na aplicação de métodos generativos em *videogames*

### 4.1 Notas introdutórias do capítulo

Nos três primeiros capítulos da presente dissertação, conduzimos uma ampla revisão de literatura objetivando compreender melhor sobre música criada e adaptada para *videogames*, procurando entendê-la como algo que é realmente abrangente e multidisciplinar. Essa abrangência nos levou a configurar nossa revisão de literatura em três planos, sendo eles:

1. **A construção** de um panorama sobre o uso, desuso e reuso das terminologias referentes à música computacional;
2. **A exploração** dos conceitos que definem uma música criada e adaptada para *videogames*; e por fim,
3. **O levantamento** dos aspectos técnicos relacionados ao design de áudio e à engenharia de *software* presentes no processo de criação de trilhas sonoras para *videogames*.

Estes três momentos da escrita estão relacionados com os seguintes aspectos:

1. **A maneira como os autores se referem, utilizam e categorizam** terminologias para criação e automação de uma música computacional;
2. **As particularidades na forma de como se define os comportamentos** uma música criada e adaptada para *videogames*; e por fim,
3. **Os aspectos técnicos presentes no processo de criação** de uma trilha sonora que será implementada em *videogames*.

Essa abordagem visou evidenciar as correlações entre as áreas de programação, engenharia de *software*, design e música, a fim de direcionar de forma mais assertiva a presente pesquisa, que abordará a partir de agora aspectos relacionados à análise artística e suas relações com os métodos generativos de criação de conteúdos para *videogames*.

Apresentaremos então um diálogo entre quatro conceitos que consideramos relacionados à construção de jogos digitais que utilizam métodos generativos como ponto central ou como característica adjacente em seus projetos. Esses conceitos são:

1. **Geradores Procedurais de Conteúdos (GPC)**, abordados a partir do processo de implementação de métodos generativos em *videogames*, conforme descritos por Shaker, Torgelius e Nelson (2016);

2. **As ferramentas de *game design*** a partir da ideia de tétrede do *game design*, apresentado por Jesse Schell (2019);
3. **A análise de obras artísticas visuais** seguindo os conceitos de Configuração e Forma, conforme propostos por Rudolf Arnheim (1980); e por último,
4. **O aporte conceitual sobre a música em *videogames*** trazido por Karen Collins (2008, 2013, 2020).

O propósito de desenvolver a interseções propostas é o de desenvolver ferramentas de conexão entre o ambiente da programação computacional, o *game design*, a música criada e adaptada para *videogames*, e a criação de arte visual em jogos digitais. Esta abordagem se mostra pertinente no contexto da presente pesquisa, uma vez que constatamos que a maioria dos métodos generativos amplamente utilizados no mercado de jogos digitais estão associados ou a uma reconfiguração de elementos, ou a uma transformação no processo de criação de conteúdo. Sendo assim, essa correlação pode sistematizar de forma mais assertiva a implementação de métodos generativos em *games*, unificando, na medida do possível, a criação artística com os procedimentos de programação computacional provenientes da engenharia de *software*.

Portanto, o presente capítulo está dividido em 7 partes, são elas:

1. **Notas Introdutórias do Capítulo;**
2. **Artigos Relacionados**, onde apresentamos uma contextualização sobre métodos generativos a partir de alguns trabalhos recentes;
3. **Vendo e Ouvindo Um "Game"**, momento em que relacionamos os conceitos de percepção visual com os elementos de um *game*;
4. **Métodos Baseados em Busca**, trecho este que descreve os conceitos básicos de um método generativo baseado em busca e o correlaciona com a criação de cenários em *games*;
5. **Métodos Construtivos**, apresentando a descrição do conceito de *dungeons* em *games* e dos métodos gramaticais do tipo construtivos;
6. **Conteúdos que São Intrinsecamente Generativos**, abordando a criação de terrenos e vegetações em *games*; e finalizando o capítulo,
7. **Considerações Finais Sobre o Capítulo.**

## 4.2 Referencial teórico

Um dos grandes divulgadores da música generativa de nossa história foi provavelmente o compositor Brian Eno (Gradim; Pestana, 2021, p. 45), cujas contribuições

para a música computacional incluem seu trabalho na trilha sonora do jogo *Spore* (Maxis, 2008). Este que é um dos poucos jogos considerados com uma trilha sonora verdadeiramente generativa (Collins, 2009, p. 5). Parte desse reconhecimento foi provavelmente devido ao fato de Eno ter tido interesse tanto na música de vanguarda do século XX quanto nos avanços tecnológicos de sua época (Gradim; Pestana, 2021, p. 45). Culminando assim em um envolvimento com as mídias digitais comerciais, obtendo resposta positiva do público consumidor de *videogames*, que cada vez mais almejava e ainda almeja conteúdos mais variados e complexos - uma demanda difícil de ser sustentada apenas com mão de obra humana e sem automação computacional.

Em *Spore* (Maxis, 2008), a trilha sonora é recombinaada a cada experiência do jogador, juntamente com o processo em que, em cada campanha, um novo planeta é gerado e nós podemos acompanhar e controlar sua evolução biológica. O conceito de automatizar a criação de cenários a partir de regras escritas em algoritmos, ora determinísticos, ora estocásticos, dialoga com o conceito de composição abordado por Cage, que sugere que, em parte, uma composição pode ser entendida como um processo de delinear parâmetros ou regras dentro dos eventos sonoros que podem ocorrer (Sheppard, 2009, p. 3). Esse diálogo que apontamos existe principalmente porque, em *Spore*, a música é criada em grande parte pela combinação dos sons que os objetos visuais emitem ou desencadeiam durante um *gameplay*. Sendo assim, a composição do *game* é regida por um processo de delinear os parâmetros de criação dos cenários e dos comportamentos dos objetos de interação contidos no próprio jogo em questão.

Esse processo é automatizado por meio de algoritmos, como já havíamos comentado, e podemos entendê-los como um conjunto de instruções para resolver um problema específico em um número limitado de etapas (Essl; Rohs, 2007, p. 50). Entretanto, apesar de o conceito de algoritmo resolver, em parte, o problema de construir uma automação na execução de sons para a criação de uma trilha sonora para um jogo, é a proximidade do termo "generativo" e com o que poderíamos chamar de "perda do controle" do compositor sobre sua própria obra que termina sendo provavelmente o ponto central de uma trilha realmente generativa. Como comentam Boden e Edmonds (2009, p. 21), algo "generativo é em parte gerado por algum processo que não é controlado pelo autor".

Em paralelo, podemos entender que sistemas generativos estão se tornando cada vez mais importantes na construção de ambientes tanto reais quanto virtuais. Eles têm desempenhado um papel voltado para a otimização do trabalho e aumento de acurácia em aplicações para o mercado de arquitetura, como evidenciado pela pesquisa de Fricker, Ochsendorf e Strehlke (2005, p. 107), que utilizam sistemas inteligentes para o

planejamento e construção de edifícios. Da mesma forma, trabalhos como o de Hai Dang (2023, p. 1) sistematizam a criação de mundos virtuais inteiros com o objetivo de aplicações no mercado de jogos. Ambos os textos abordam questões delicadas relacionadas à produção em massa de artefatos pela indústria, buscando desenvolver produtos com qualidades próprias que possam se adaptar a realidades em constantes mudanças.

Com a crescente necessidade de ambientes virtuais cada vez mais complexos, surge também a exigência de uma resposta de áudio em tempo real, uma demanda crucial para a imersão em ambientes de realidade virtual, como demonstrado no trabalho de Beilharz (2004, p. 1). Neste artigo, os ambientes virtuais são definidos como espaços 3D online nos quais o usuário é representado por um avatar e utiliza a interface do teclado do computador para movimentar o personagem pelo cenário. De acordo com o autor, é o design generativo que contribui para a construção de um ambiente virtual mais convincente, gerando maior variação ambiental. Dessa forma, os ambientes digitais também podem ser vistos como espaços sensoriais, nos quais a construção de um design coerente dos estímulos se torna essencial para o seu sucesso.

Apesar da definição apresentada por Beilharz descrevendo os ambientes virtuais como locais essencialmente em três dimensões (3D), entendemos que os ambientes virtuais são muito mais diversos e heterogêneos. Tanto ambientes virtuais como chats de conversa, onde temos relações sensoriais entre tato (o digitar), a visão (tanto o ver de uma chamada de vídeo quanto o ato de ler um texto) e a audição (por sons do sistema ou a própria chamada de áudio), bem como jogos em gráficos 2D, que estimulam o jogador a partir de um sistema de entrada de dados (*joystick* ou teclado) dando *feedback* em representações sonoras e visuais, também podem ser entendidos como espaços de interação através de estímulos sensoriais, portanto, são também, ao nosso entender, ambientes ou espaços virtuais.

Na verdade, o foco deve estar, sim, na interação do usuário e na resposta do sistema com estímulos sensoriais em um ambiente explorável e interativo. Dessa forma, abraçamos uma grande gama de possibilidades de criação de ambientes virtuais. Vale a pena então ressaltar alguns jogos como exemplo. Ressaltamos então o Yu-Gi-Oh! Duel Links, onde jogadores duelam online em um jogo de cartas baseado em uma série de mangá (Konami, 2016). Os jogos 2D projetados para interação online em cooperação ou competição, como Street Fighter VI (Capcon, 2023), Streets of Rage 4 (Dotemu, 2020), e Teenage Mutant Ninja Turtles: Shredder's Revenge (Dotemu, 2022). E ainda, os jogos de tabuleiro de interação online, como o Civilization VI (Firaxis Games, 2016) ou o Risk online

(Hasbro, 2008). Todos possuem uma interface manipulável e com possibilidade de ser entendida como um ambiente virtual.

É importante, dado o contexto atual, ressaltar questões relacionadas ao fato de que nem todas as opiniões apresentadas nos trabalhos acadêmicos sobre automação de criações conteúdos por meio de métodos generativos são positivas. Aleena Chia (2022, p. 389) aponta que parte do interesse em pesquisas nesta área vem do desejo de aumentar a produtividade de produtos com características únicas e reduzir os custos de produção. No entanto, a utilização desses métodos de forma deliberada pode resultar na desvalorização do trabalho humano e até mesmo do próprio conteúdo gerado, uma vez que o "feito à mão" ainda é considerado de maior valor em comparação com o conteúdo gerado por automação (Chia, 2022, p. 389).

Partindo então dessa premissa apresentada, a automação completa não irá necessariamente reduzir a quantidade de trabalho de uma equipe; ao invés disso, visando aumentar os lucros, irá sim reduzir a equipe, gerando mais trabalho numa perspectiva individual. Portanto, ao seguir um processo de automação na produção de ambientes virtuais, surge frequentemente um discurso sobre a humanização da máquina, criando uma espécie de 'feito à mão' pela máquina como uma estratégia de gerar mais valor a esse novo campo de produção industrial (Ferrari; Mckelvey, 2023, p. 338).

Sendo então a utilização de algoritmos autônomos apontada como a responsável por sistematizar e otimizar tecnologias de automação computacional em diversas áreas, incluindo a pesquisa e criação de *videogames*, conforme aponta Seidel, Berente e Gibbs (2019, p.2). Seguindo o raciocínio, entende-se que para gerar maior variedade nos conteúdos criados é considerada então a adoção de elementos de imprevisibilidade no processo de automação, entretanto, isso pode resultar em conteúdos caóticos e sem utilidade direta. Seidel, Berente e Gibbs (2019, p. 2) destacam a necessidade de controlar essa imprevisibilidade utilizando algoritmos determinísticos e, muitas vezes, adicionando variedades ao conteúdo gerado individualmente e manualmente, o que demonstra que ainda não possuímos uma tecnologia capaz de gerar uma automação verdadeiramente eficiente para produtos artísticos comerciais.

É possível, então, direcionar nosso olhar para que quando uma obra artística interativa, como um *videogame*, é bem-sucedida (Gintere, 2019, p. 346), o ambiente e a narrativa criados passam a pertencer à experiência vivida pelo usuário, não estabelecendo uma conexão direta com seus criadores, ao contrário do que ocorre no mercado musical, por exemplo, onde geralmente associamos a obra ao artista que a interpretou ou a compôs.

Gintere também ressalta uma forte correlação entre os elementos que fundamentam uma arte generativa e os elementos que fundamentam um jogo generativo. São eles:

- a. **Auto-organização**, em um ambiente que se reconstrói ou se auto-organiza;
- b. **Autonomia em sua forma**, referindo-se a estar fora do controle total ou parcial do autor;
- c. **A obra é criada pelo autor**, porém é implementada em uma tecnologia que irá processar de alguma forma dados ou a própria obra, e o autor desconhece totalmente ou parcialmente o resultado desse processamento; assim, a obra é recriada.

#### 4.2.1 Sistemas computacionais

Nos parágrafos anteriores, abordamos questões mais artísticas ou relacionadas à percepção do usuário. Já neste momento do texto, é interessante apontar nosso olhar para os sistemas computacionais e suas formas de autonomias. Trazemos então uma breve contextualização sobre o aprendizado das máquinas (*Machine Learning*), sendo importante definir o conceito de aprendizagem supervisionada e não supervisionada.

Dessa forma, Ian Goodfellow afirma que na aprendizagem supervisionada, um ou mais agentes humanos treinam a máquina para a execução de uma tarefa, o que torna essa atividade demorada e trabalhosa em relação às demandas atuais (2020, p. 139). Resumidamente, podemos entender que o objetivo final é o de produzir um sistema com autonomia suficiente para gerar artefatos úteis com uma eliminação ou redução de mão de obra humana. Para isso, a aprendizagem supervisionada propõe que um agente humano acompanhe a produção de artefatos (imagens, músicas, texto etc.), corrigindo-os conforme os modelos que a máquina deve aproximar em suas criações, buscando assim uma acurácia a partir de um processo correlacional.

Já a aprendizagem não supervisionada, em termos gerais, pode ser categorizada como a ação do computador em aprender ou produzir algo novo examinando um conjunto de dados. Devido à presença de um ciclo contínuo de aprendizagem, onde a máquina sempre se comporta de forma diferente, analisando os artefatos mais promissores em uma melhoria contínua, esses algoritmos ganharam o status de modelagem generativa (Goodfellow, 2020, p. 139). As Redes Generativas Adversárias, por sua vez, são um dos métodos de modelagem mais promissores da atualidade, baseadas na Teoria dos Jogos, e embora sejam difíceis de treinar, têm grande sucesso na geração e tratamento de dados realistas, como imagens (Goodfellow, 2020, 139).

As Redes Generativas Adversariais também têm grande sucesso na criação de conteúdo para *videogames* (Gui et al., 2021, p. 3313), sendo um método amplamente aplicado em Geradores de Conteúdos Procedurais para *Videogames* (Shaker; Torgelius; Nelson, 2016, p. 2). Essas redes funcionam como um jogo de duas etapas, partindo de uma situação em que um gerador cria um artefato o mais próximo possível de uma determinada diretriz ou modelo, e cabe a um algoritmo com a função de discriminador analisar e permitir ou não que aquele artefato seja apresentado e passe a funcionar como uma nova diretriz do próprio discriminador. Isso termina gerando uma espécie de acurácia aprendida (Gui et al., 2021, p. 3313), proporcionando a substituição do uso de artefatos criados externamente por agentes humanos, por artefatos aprendidos pelo computador (Liu, 2021, p. 839). Esses algoritmos também são utilizados com sucesso em produtos da criatividade computacional, como visão computacional e linguagem natural (Gui, 2021; Liu, 2021), tendo assim o conceito generativo como base de sua construção.

Do ponto de vista geral, a compreensão completa e clara da inteligência humana ainda não foi alcançada, o que nos impede de criar sistemas verdadeiramente similares à inteligência humana (Todorovic; Grba, 2019, p. 50). Portanto o desafio de gerar produtos generativos com uma narrativa coerente e funcional continua presente. Esses sistemas nos entregam produtos que combinam elementos predefinidos com a adição de diversos fatores de imprevisibilidade durante sua conceituação, produção e apresentação (Dorin et al., 2012, p. 239). E mesmo um produto generativo, sem material linguístico, pode ter sua própria narrativa devido à capacidade humana de estabelecer associações mentais por meio de comparações, abstrações, categorizações, analogias e metáforas (Todorovic; Grba, 2019, p. 50).

E complementando, entendemos que a música desempenha um papel fundamental na definição do humor e dos arcos emocionais em filmes e *videogames* (Cardinale; Colton, 2022, p. 2). Um modelo generativo que atue eficientemente na geração de áudio em jogos pode ter um impacto significativo na indústria do entretenimento (Oh, 2023). No entanto, ainda enfrentamos dificuldades tanto com os materiais para implementar sistemas mais avançados no mercado (referindo-nos ao fato de que nem todas as plataformas digitais interagem e se comunicam perfeitamente), quanto com as próprias diretrizes de trabalho das grandes empresas, que encontram dificuldade em modificar as formas já estabelecidas de produção (Bossalini; Raffe; Garcia, 2020, p. 281). Portanto, além da criação de sistemas novos que atendam às demandas atuais, também devemos nos preocupar com a implementação e o impacto que essas novas tecnologias terão no ambiente de trabalho.

### 4.3 Vendo e ouvindo um *game*

Rudolf Arnheim afirma que de forma geral, o ato de ver está vinculado a uma ação prática de "determinar com os próprios olhos que uma certa coisa está presente em um determinado lugar e que está fazendo uma determinada coisa" (1980, p. 35). Nos jogos digitais, toda a experiência de visualização ocorre em algum tipo de espaço. Este espaço visual do jogo, é um espaço programado via algoritmo e é um ambiente que um desenvolvedor projeta e interage por meio da matemática (Schell, 2009, p. 158).

Apesar desses espaços de experiências digitais não serem regidos por regras rígidas, podemos delinear três características básicas para sua compreensão: (1) eles podem ser discretos ou contínuos, o que descreve se o ambiente de interação é delimitado por pontos específicos de localização com movimentação restrita, ou se o jogador pode transitar total ou parcialmente livre pela tela do jogo; (2) em sua dimensão; (3) e em suas delimitações e conexões entre as áreas do jogo (Schell, 2009, p. 159).

A forma como movimentamos os objetos em uma cena de um jogo, seja o personagem principal ou não, é crucial para definir a experiência proposta. No xadrez, por exemplo, as representações dos personagens ocorrem por meio de peças que se deslocam pelo tabuleiro em um ambiente discreto, sendo que cada personagem possui suas próprias regras de movimentação para atravessar pontos específicos do tabuleiro. Já em jogos 2D do gênero plataforma, o personagem desfruta de uma movimentação relativamente contínua e livre na horizontal, enquanto pode existir uma restrição e representação mecânica de gravidade na movimentação vertical, como exemplificado no jogo Dead Cells, ilustrado na Figura 27.

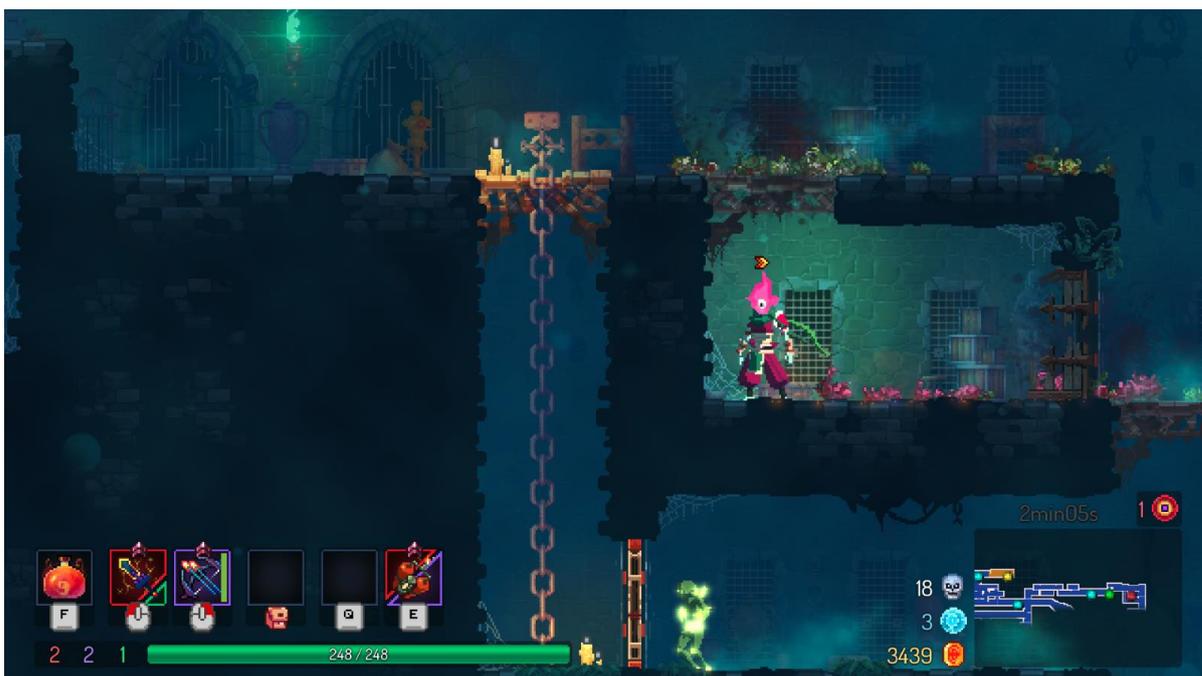


FIGURA 28: CAPTURA DE TELA DO JOGO DEAD CELLS MOSTRANDO UMA ESTRUTURA DE JOGOS DO GÊNERO PLATAFORMA (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

Na Figura 28, é possível observar estruturas que funcionam como plataformas, simbolizando o piso da masmorra onde o jogo é ambientado. É criada então, via código, uma representação de movimentação contínua na horizontal, sugerindo um caminhar contínuo em uma superfície plana, e uma representação de gravidade, puxando o jogador para baixo na vertical, sugerindo uma queda livre. A maioria dos jogos considerados do gênero plataforma funciona desta forma.

As representações de movimentação variam consideravelmente, desde uma visão horizontal em um jogo onde controlamos uma nave vista de cima, comumente chamado de gênero *shooter*, onde a movimentação é contínua por toda a tela. Até em jogos 3D em primeira ou terceira pessoa, situação produzida em que observamos os objetos ficarem maiores (expandindo) ou menores (contraíndo ou diminuindo em dimensão) em uma representação de aproximação ou afastamento, gerando assim a sensação de movimento em primeira ou terceira pessoa. Sendo algo relativamente customizável, a movimentação terá um grande impacto na construção dos sons dos jogos digitais, inclusive no tipo de música a ser implementada.



FIGURA 29: CAPTURA DE TELA COMPARANDO O VISUAL DOS JOGOS NO MAN'S SKY E SUPER MARIO WORLD (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

Na Figura 29, podemos ver características bem distintas de dois jogos já consolidados no mercado. Por um lado, na esquerda, temos o jogo No Man's Sky (Hello Games, 2016) em sua jogabilidade em terceira pessoa. Na imagem, vemos o cenário sendo representado à frente do personagem, e podemos virar o personagem e olhar em uma perspectiva de uma visão em 360 graus. Já na direita, no jogo Super Mario World (Nintendo, 1990), vemos o personagem de perfil. Embaixo do personagem, temos a plataforma na qual ele está em pé, e atrás podemos ver uma representação do espaço físico no qual o personagem está no momento.

É importante ressaltar que o tipo de movimentação poderá alterar intrinsecamente todo o projeto do jogo, impactando inclusive na construção do áudio do *game*. É possível então, percebermos que, enquanto no jogo No Man's Sky a trilha sonora emerge de forma incidental e ressalta ações e informações que devem ser transmitidas para o jogador, simulando uma experiência cinematográfica, no jogo Super Mario World a música é apresentada como parte do cenário e atua em *loop* enquanto o jogador estiver nesta fase do *game*. Estes dois jogos mostram dois formatos de trilhas sonoras que se convencionaram no mercado de jogos digitais, onde se implementa áudio em loops mais lineares em jogos 2D e áudios emergentes e adaptativos em jogos 3D em terceira pessoa.

Para melhor compreensão na análise e criação de um jogo digital, Schell decompõe um *game* em quatro partes, que podemos entender como a téttrade do *game* design (Shell, 2009 p. 51). Neste diagrama, que é organizado em forma de diamante, não contendo uma hierarquia fixa entre os elementos, estão:

1. A **mecânica**, que seria, de forma geral, um conjunto regras para o funcionamento do jogo;
2. A **narrativa**, que diz respeito à sequência de eventos que acontecem no *game* e como entendemos tal conjunto a partir de uma direcionalidade relacionada a uma noção de temporalidade;
3. A **tecnologia**, que é o meio onde a estética é realizada ou apresentada ao usuário; e, por fim,
4. A **estética**, que seria como seu jogo parece, soa, cheira e é sentido.

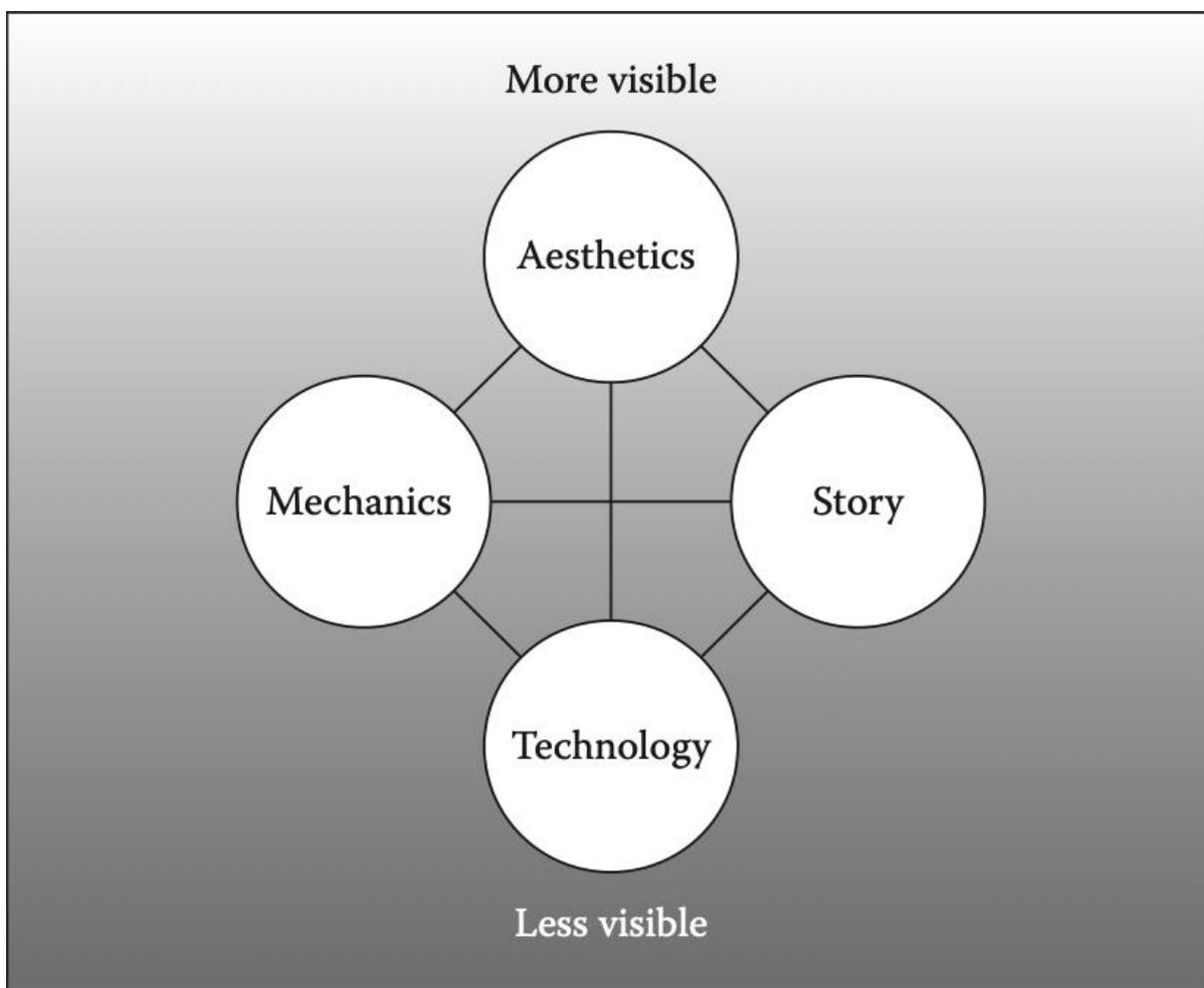


FIGURA 30: TÉTRADE DO *GAME DESIGN* (FONTE: *A ARTE DO GAME DESIGN* (2016, p. 51)).

Na Figura 30, mostramos a imagem criada por Shell para descrever os elementos de um jogo (2016, p. 51), otimizando-os para o entendimento e manipulação de uma equipe de criação. Nesta figura, podemos ver os quatro elementos da tétrade sendo retratados em um formato de diamantes, simbolizando uma igualdade de importância. Entendemos então, que o jogador tem contato inicial e mais direto com os elementos estéticos. Em seguida, é possível vivenciar as mecânicas e a narrativa do jogo, sendo

elementos mais próximos de uma interatividade. E, por fim, compreendemos que a tecnologia está mais distante, sendo apresentada de forma superficial ao usuário, apenas com descrições da potência do sistema, indicativos sobre os estilos dos elementos gráficos de consoles ou requisitos de sistemas para "rodar" um determinado jogo.

Arnheim define "configuração perceptiva como o resultado de uma interação entre o objeto físico, o meio da luz agindo como transmissor de informação e as condições que prevalecem no sistema nervoso do observador" (1980, p. 19). Da mesma forma que Arnheim indica que a percepção de uma imagem pela sua configuração é definida por meios físicos, sendo, de certa forma, sentida e interpretada pelo sistema nervoso de um indivíduo, Schell afirma que um jogo não é a experiência; ele é, sim, um meio que permite que a experiência aconteça (Schell, 2009, p. 11), sendo parte dessa experiência o ato de ver.

Partindo dos conceitos abordados, podemos entender segundo Arnheim (1980, p. 19) que a "forma de um objeto, que vemos, não depende apenas de sua projeção retilínea num dado momento. Estritamente falando, a imagem é determinada pela totalidade de experiências visuais com aquele objeto ou com aquele tipo de objeto durante toda nossa vida". E a experiência do jogar, segundo Schell (2009, p. 12), é algo imaginário que surge entre o jogo e o jogador. Portanto, em um caráter material e de produção, a experiência do jogar pode ser entendida como produzida a partir da configuração dos elementos visuais e auditivos (estética) e dos elementos de suporte para a estética (narrativa, mecânicas e tecnologia) em relação ao tempo de jogo que o jogador dedica para criar tal experiência.

Apesar de Arnheim, em suas definições, abordar uma percepção da configuração direcionada estritamente a imagens que são observadas por um olhar humano, entendemos que a generalização de seus conceitos pode ser útil para uma melhor sistematização do processo de criação do design que configura e reconfigura os elementos estéticos que compõem um *game*. Essa escolha se mostra interessante pelo fato de que os jogos digitais são subdivididos em objetos e configurados no sistema, em sua maior parte, via algoritmos determinísticos. Dessa forma, inclusive, é possível reconfigurar tais elementos a partir de métodos generativos, emergindo assim, um possível conceito de reconfiguração como procedimento de design.

Em relação à criação de experiências sonoras em jogos, torna-se interessante abordar de forma unificada a configuração de imagem e sons como um único procedimento. Tendo um forte embasamento nas teorias que abordam o fenômeno da sinestesia, Collins aponta o fato de que todo som carrega informações multimodais (2013, p. 23), não sendo o ato de ver, ouvir e sentir alguma emoção experiências individuais; vemos, ouvimos e nos emocionamos como um só ato. Além disso, músicas e os sons podem se confundir muito

em uma experiência dentro de um jogo digital, dependendo da abordagem do compositor (Collins, 2013, p. 3).

Em complemento, apontamos que objetos computacionais, visíveis ou não, da cena de um jogo muitas vezes possuem sons correlacionados que nem sempre condizem com suas representações sonoras "reais" e servem para orientar o jogador e garantir maior clareza na experiência vivida dentro do *videogame* (Collins, 2013, p. 3). Sendo assim entendemos que no contexto abordado, configurar a imagem de um jogo focando em sua eficiência é configurar, pelo menos, sua estética (música e imagem), mecânica (equilíbrio nas suas regras) e narrativa (a história que a imagem e a música estão contando); todos sendo mediados pela tecnologia disponível no *game*.

Paralelamente às informações apresentadas nesta seção, uma tarefa fundamental no processo de criação de um jogo digital é o balanceamento. Schell (2009, p. 201) descreve o balanceamento como o ato de equilibrar os elementos de um jogo para garantir seu melhor funcionamento intrínseco e proporcionar uma experiência intensa para o usuário. No campo da percepção visual, Arnheim (1980, p. 13) afirma que o "equilíbrio pictórico ocorre quando todos os elementos da configuração, direcionalidade e localização se determinam mutuamente de tal modo que nenhuma alteração parece possível, e o todo assume caráter de necessidade entre as partes". Um exemplo disso pode ser observado em *Super Mario Bros.*, que ilustra uma situação em que, após o aprendizado de seu funcionamento, qualquer mudança no jogo pode, dependendo do nível de familiaridade prévia do jogador, gerar dissonância na experiência fundamental.



FIGURA 31: CAPTURA DE TELA DO JOGO SUPER MARIO WORLD (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO EMULADA NA PLATAFORMA STEAM).

Super Mario World é um jogo muito interessante de se analisar pelo ponto de vista do equilíbrio gerado entre seus elementos pictóricos e sua jogabilidade. Na Figura 31, podemos observar uma cena que seria, no mínimo, *nonsense*: o personagem principal é o Mario, um encanador que vai parar em um mundo mágico e tem que lutar contra inimigos para salvar uma princesa. Partindo dessa premissa, vemos que nosso personagem está em cima de plataformas representadas por cubos, ilustrados com exclamações ou olhos, em um cenário de montanhas. Essa descrição que poderia discriminar o jogo como algo estranho se esvai ao se experimentar sua jogabilidade muito bem balanceada, sendo uma relação positiva entre a interatividade, os elementos pictóricos e sua trilha sonora provavelmente os responsáveis por proporcionar o equilíbrio nesta situação.

Apesar de compreendermos que o equilíbrio transmite informações como direcionalidade e noção de completude (Arnheim, 1980 p. 20), isso não significa que alcançamos esse equilíbrio perseguindo sempre uma simetria ou um caminho único (1980, p. 23). Por um outro viés, Collins aponta que nem a imagem nem o som dominam nossa percepção; na verdade, é um significado emergente que surge na interação desses dois elementos (2013, p. 26). Em complemento, ainda segundo Collins, e a respeito do universo dos *videogames*, um significado emergente surge também a partir de um terceiro elemento: a interatividade (2013, p. 35). Dessa forma, em congruência com as três colocações apresentadas, procuramos entender que, além de não existir uma forma única para atingir

um equilíbrio em um jogo digital, esse equilíbrio deve surgir de forma integrada entre seus elementos, não esquecendo, inclusive, da interatividade, que é um dos seus pontos centrais do *videogame*.

Retomando a discussão sobre mecânicas existentes nos jogos digitais, da mesma forma que um espaço visual de um jogo pode ser discreto ou contínuo, o tempo também detém esta mesma propriedade (Schell, 2009, p. 164). Sendo um jogo cuja mecânica de tempo funcione de forma discreta, o fato de o tempo ser medido por turnos, já a implementação de uma mecânica de tempo contínuo, permite que o jogador fique livre para agir sem restrição em relação à continuidade temporal do jogo. Porém, isso não significa que o jogo não possa utilizar de artifícios de contagem de tempo das mais inúmeras formas.

O conceito de tempo como mecânica de jogo se relaciona com uma influência do passado no presente que ajuda a construir uma percepção visual. Pois, da mesma forma que entendemos o tempo como uma mecânica que irá de alguma forma contribuir para o caráter de um jogo, toda experiência visual é inserida em um contexto de espaço e tempo. Podemos assim compreender que "as relações entre passado e presente devem ser vistas de forma menos ingênua" (Arnheim, 1980, p. 41), porque é a relação compreensível de espaço e tempo que media uma transformação e reconfiguração congruente dos elementos estéticos que ocorre por estarmos lidando com uma mídia essencialmente interativa.

Arnheim ainda afirma que a influência da memória é aumentada quando a necessidade pessoal é aumentada, portanto, quando a relação espaço-tempo de um jogo funciona de forma congruente, contribui para o aumento de nossa atenção nos eventos apresentados no *game* (1980, p. 43). Dessa forma, independentemente do quanto um enredo possa parecer sem sentido, a interatividade traz uma camada a mais onde as interações equilibradas em um *gameplay* podem justificar toda a obra. E enfatizamos ainda que interatividade e temporalidade andam de mãos dadas.

#### **4.4 Métodos baseados em busca**

O conceito de criação de jogos digitais com conteúdo procedural está, na prática, relacionado à implementação de mecânicas de jogo que incorporam algum tipo de método generativo em seu design. Esses métodos atuam alterando elementos que, em uma configuração convencional, seriam definidos sempre da mesma forma, gerando maior variedade no conteúdo apresentado ao jogador. Esse processo geralmente começa com a criação de um design e segue até a construção dos algoritmos que dão movimento à obra como um todo.

No game Dead Cells (Motion Twin, 2018), por exemplo, assumimos o controle de um personagem que explora um castelo que se reconfigura a cada partida, criando novas localizações para salas, corredores, inimigos e itens. Os métodos generativos do jogo são responsáveis por reorganizar o ambiente de interação, garantindo que essa nova configuração não prejudique a narrativa central; pelo contrário, a aplicação dos PCG tem o potencial de criar uma nova forma de se ver o jogo digital. Podemos entender, então, que a alteração na localização e na ordem de aparição de objetos e eventos afeta significativamente a experiência do jogador, gera narrativas emergentes e pode influenciar positiva ou negativamente a percepção do todo.

Já em Times of Lore (Origin Systems, 1988), a música é o resultado de uma síntese combinatória que mescla partes da composição musical, recriando uma música que auxilia na representação do cenário apresentado ao jogador, sem, contudo, se distanciar de um modelo central. Essa recombinação tem o propósito de soar como uma improvisação de uma música que referencia os estilos renascentista ou barroco, ao mesmo tempo ampliando o tempo de música percebido pelo usuário (Collins, 2008, p. 32) e fortalecendo ainda o cenário apresentado na narrativa visual, o qual é de um ambiente de fantasia medieval nos moldes dos filmes Conan ou Willow (Lucasfilm Ltd., 1982; Imagine Entertainment, 1988). O uso de recombinações sonoras passam a realizar uma maior conexão entre os objetos da cena e a narrativa do jogo, principalmente com a criação do "motor" de áudio *iMuse*.

Jogos conhecidos como pertencentes ao gênero *roguelike*, tipo Dead Cells ou Hades (Motion Twin, 2018; Supergiant Games, 2020), sugerem que a reconfiguração dos elementos de interação não só proporciona uma experiência única, mas também mantém a experiência ativa, se atualizando para não mudar de caráter. Quando você inicia uma nova partida e percebe que inimigos, itens, salas ou corredores não estão mais nos mesmos lugares da partida anterior, como por exemplo em jogos clássicos no estilo de Mario ou Sonic (Nintendo, SEGA), é criada e mantida uma experiência dinâmica de busca e exploração. Essa experiência é amplamente influenciada pela característica de mudança contínua na localização dos objetos.

Por outro lado, revisitar jogos sem elementos procedurais se transforma em uma atividade de reencontrar os mesmos eventos e elaborar estratégias para gerar maior precisão no *gameplay*, lidando com situações previamente experimentadas. De certa forma, a experiência vai se transformando a cada partida, já que o jogador muda aprimorando sua habilidade enquanto o jogo permanece estático em relação aos acionamentos dos eventos programados no *game*. O que antes era uma jornada de exploração gradualmente se converte em um reencontro com eventos familiares, semelhante à sensação de assistir a um

filme pela segunda vez. Para manter uma verdadeira sensação de exploração interativa, que busca gerar surpresa na sensação de descobrir novos cenários, é essencial uma atualização contínua dos elementos do jogo. Assim, a mudança garante a preservação de conceitos como o de exploração, que é algo intrinsecamente dinâmico.

O uso de conteúdos procedurais normalmente tem o objetivo de reforçar a narrativa que é proposta pelo *game*, gerando uma nova experiência, porém regular, a cada partida. Reforçando tal afirmação, podemos entender que, no jogo Civilization VI (Firaxis Games, 2016), controlamos algum grande líder histórico (como Cleópatra, Alexandre o Grande, ou outro personagem marcante) em uma jornada na gestão de uma grande civilização. O *game* adota um formato como se fosse um jogo de tabuleiro e, a cada incursão, todo o mapa e seus elementos são reconfigurados para gerar um novo desafio. Dessa forma, é possível garantir que todos os elementos que constituem o cenário sejam reposicionados, possibilitando a manutenção da experiência de exploração e conquista que o jogo propõe.

É importante ressaltar que, em um jogo criado sem conteúdos procedurais, como os já citados Super Mario e Sonic, cada elemento do cenário era projetado "manualmente" para chegar a uma experiência "perfeita", como uma construção de uma obra artística visual e interativa que possui a capacidade de alcançar a excelência máxima. Em contraponto, jogos *roguelike*, como Hades, buscam uma experiência dinâmica, focada na repetição de desafios e melhoria das características do seu personagem. Porém, não se preocupam em realizar grandes mudanças procedurais na reconstrução dos seus cenários.

O foco de Hades é reconfigurar a aparição dos itens, diálogos do jogo e inimigos em uma real experiência focada na reorganização de elementos. A partir desse design, boa parte das ações ou resultado de ações do jogador possui algum tipo de reação programada no sistema baseada em conteúdos procedurais. Neste caso específico, estamos falando de uma reorganização dos diálogos e dos elementos das cenas de uma forma generativa que pareça que o jogador esteja interagindo com ambientes e personagens reais. Buscando assim uma experiência focada no diferente e não no perfeito.



FIGURA 32: CAPTURA DE TELA DO JOGO HADES (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

Em um processo simples, mas efetivo, é possível conectar eventos programados via algoritmos de uma forma que pareça que as interações estejam emergindo das ações do próprio jogador. Ao carregar, por exemplo, diálogos pré-prontos em um banco de dados, e em seguida produzir um algoritmo de busca que otimize a apresentação desses diálogos em relação a estados do jogo previamente definidos, torna-se viável a criação de situações emergentes com um certo grau de variabilidade.

Na Figura 32, é possível ver Hipnos, personagem controlado pelo computador, do jogo Hades, recebendo Zagreu, personagem controlado pelo jogador, depois de fracassar ao tentar escapar de Tártaro. Desta forma, em Hades, cada vez que o personagem Zagreu retorna de uma jornada, Hipnos o recebe com um novo diálogo que possui alguma correlação entre o texto apresentado e algo que ocorreu na partida anterior. Assim é possível estabelecer uma percepção temporal entre as ações do jogadores e o ambiente virtual.

Podemos entender então, que, estamos nos referindo ao fato de um sistema reagir ou responder às ações e *inputs* do usuário, porém, não fazendo isso sempre da mesma forma, gerando um aspecto de que estamos interagindo com um sistema "natural". Este conceito dialoga fortemente com as propriedades de nunca se repetir e de simular comportamentos da natureza, comportamentos esses que estão relacionados ao termo generativo (Boden; Edmonds, 2009, p. 29), e podemos observar isso nos diálogos do jogo Hades e nos mapas criados no Jogo Civilization VI e Dead Cells,



FIGURA 33: CAPTURA DE TELA DO JOGO CIVILIZATION VI (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

Na Figura 33, podemos ver o início de quatro campanhas do jogo Civilization VI (Firaxis Games, 2016), sendo que, no contexto apresentado, a partida foi configurada para iniciar com um líder aleatório (modo do jogo onde o computador escolhe randomicamente o avatar do jogador) em um mapa formado por arquipélagos (mapa gerado por geradores procedurais de conteúdos). Sempre que iniciamos, nos deparamos com elementos estruturais diferentes, sendo importante perceber uma configuração diferente dos itens, bem como das imagens que representam localidades. No caso apresentado acima, vemos semelhanças estruturais: como o estilo artístico, a paleta de cores e toda a estética do jogo que se reafirma em sua semelhança; porém, é possível perceber uma diferença na relação de localidade no mapa onde o jogador se encontra.

Shaker, Togelius e Nelson (2016, p. 17) descrevem com certo detalhe dois métodos comumente utilizados para a criação de mapas e cenários em jogos: os métodos baseados em pesquisa e em constructos. Esses métodos utilizam abordagens algorítmicas para reorganizar elementos previamente desenvolvidos para o jogo, criando ambientes que atendem às demandas de narrativa, estética e critérios comerciais. Ressalta-se, portanto, que, conforme apresentado por Shaker, Togelius e Nelson, esses métodos não envolvem a criação e modelagem dos objetos da cena ou da própria cena desde o princípio; ao contrário, consistem na criação de mecanismos que reorganizam de forma coerente elementos já criados, priorizando a jogabilidade e a imersão no jogo.

Os métodos generativos baseados em busca funcionam a partir da metáfora do design como processo de busca. Essa abordagem segue a premissa de que uma solução suficientemente boa para um problema de design reside em um conjunto específico de elementos ou soluções razoavelmente genéricas. A interação desses elementos, juntamente com o processo de descartar as soluções menos eficientes e agregar as soluções consideradas melhores, permite chegar à resolução do problema (Shaker, Torgelius e Nelson, 2016, p. 17). A solução aqui discutida não se refere apenas à criação de um mapa de alta qualidade, mas à criação de um processo gerador de mapas com qualidades suficientemente boas. Em vez de considerar um elemento como uma "obra-prima", adotamos o conceito de um gerador de elementos variados como o objetivo a ser alcançado.

Sendo assim, o processo de criação de conteúdos procedurais a partir de um método generativo baseado em busca é dividido em 3 etapas, sendo elas:

1. **Criação e/ou utilização um algoritmo de busca**, muitas vezes sendo um algoritmo genético;
2. **Criação de um modelo representativo**, que é um modelo central para a criação dos conteúdos, em que o procedimento aplicado irá gerar variações neste artefato; e por fim,
3. **Uma função de avaliação**, que determinará a qualidade do artefato criado (Shaker, Torgelius e Nelson, 2016, p. 18).

Então entende-se que neste processo não se está criando um artefato realmente novo, mas sim gerando uma mudança em um objeto central a partir de um gerador de variabilidade das características deste artefato.

De acordo com Shaker, Torgelius e Nelson (2016, p. 20), o modelo representativo utilizado possui um papel crucial na evolução do conteúdo criado por métodos generativos. Já Arnheim (1980, p. 59), em relação a percepção visual, sugere que é possível entender "que as coisas se comportam como totalidades", e que, por um lado, o entendimento de um determinado objeto, individualmente falando, depende de sua localização no campo de visão do observador e de sua função nessa localização, já por outro lado, modificações locais, destes objetos, podem alterar o todo. Sendo assim, a arte de criar geradores de conteúdos procedurais que proporcionem experiências marcantes está em projetar essa variabilidade de uma forma que ela conte uma história em conjunto com o jogador, porém, sem negar a experiência proposta. Narrativas emergentes surgirão a partir da interação entre esses cenários gerados em grande quantidade com a utilização de um ou mais usuários disposto a desvendá-los.

Entretanto, a maior parte dos jogos (projetados com conteúdos procedurais ou não) possui uma narrativa central fixa, ou como indica Shell, uma "experiencia essencial" juntamente com um tema principal (Shell, 2008 p. 23). As modificações ocasionadas por geradores de conteúdos procedurais não devem quebrar a possibilidade de o jogador conectar os eventos emergentes, que são gerados pela interação com esses métodos generativos, com a narrativa central do jogo. "Uma vez que um padrão de estímulos articulados se projeta sobre a retina dos olhos, a organização perceptiva deve aceitar essa dada configuração; ela deve limitar-se a agrupar ou subdividir a forma existente de tal modo que resulte a estrutura mais simples" (Arnheim, 1980, p. 60). No contexto nosso abordado, a forma mais simples é uma forma que está subordinada à experiencia fundamental e ao tema principal do jogo.

O gerador de conteúdos procedurais implementado no jogo Civilization VI, por exemplo, visa criar mapas que retratam de forma jogável o planeta Terra. Ele se limita a gerar cenários onde possamos vivenciar relações e conflitos na criação de uma civilização. Já nos jogos Dead Cells e Hades, os métodos procedurais reorganizam Dungeons e garantem que esses cenários façam parte de uma narrativa progressiva onde o todo não é modificado. Se a narrativa central estipula que o início do jogo é em determinado local do cenário virtual, como em uma prisão ou masmorra, o jogador sempre começará na prisão ou masmorra contida no cenário, porém, os elementos que constituem a prisão serão modificados, atendendo assim as demandas necessárias para criar a experiencia essencial proposta.

Então reforçamos que, em parte, os métodos generativos aplicados nos sistemas os jogos não estão criando artefatos completamente novos, o que poderia prejudicar a jogabilidade e o entendimento do jogo por parte do jogador. Os métodos generativos citados reembaralham conteúdos com base em uma forma central que pode ser vista como a própria narrativa do jogo. Sendo que, o ato de possuir variabilidade incondicional na criação de seus conteúdos também se incorpora à narrativa central, criando inclusive gêneros próprios como o *Roguelike*. Sendo assim, estamos realizando um exercício de criar cenários que pareçam vivos, mesmo ainda que de uma forma muito simples. Estamos indo na direção contrária da "obra-prima" ou do estudo de uma "natureza morta", estamos criando cenários que são sempre diferentes e estamos realizando, ainda que com parâmetros de variabilidades muito pequenos, uma espécie de estudo de uma "natureza viva".

## 4.5 Métodos *constructos*

Em uma obra interativa como os *videogames*, os cenários são representados por elementos estéticos e apresentam ao jogador o ambiente onde a narrativa do *game* ocorrerá. Entretanto, neste contexto, existem várias camadas na construção destes cenários antes de chegar em uma apresentação dos elementos visuais e sonoros. A apresentação desses elementos é regida por um suporte tecnológico e são mediadas por regras que entendemos como mecânicas. Sendo que, tanto as telas informativas (menus do jogo) quanto os cenários em si, possuem elementos que integram a cena apresentada, eles são nomeados de objetos. Portanto, em algum grau, mudar o cenário é também mudar o som de lugar, já que os objetos que fazem parte do cenário muitas vezes possuem sons relacionados.

Sendo assim, é muito comum nos referirmos ao termo *Dungeon* como um tipo de ambiente virtual onde várias salas são conectadas por corredores, sendo que nestas salas contêm tesouros, monstros, desafios de quebra-cabeça e muitas vezes partes de arcos narrativos fundamentais para o desenrolar da narrativa do *game* (Shake, Torgelius e Nelson, 2016, p. 32). Uma *dungeon* por si só já possui uma narrativa própria que é de fácil aprendizado e de fácil reconhecimento por um usuário que já conheça sua estrutura. Apesar do jogador ser livre para agir da forma que deseje dentro do ambiente virtual, sua construção promove e indica que se deve explorar, colher itens, matar inimigos e achar a saída deste perigoso local. Sendo a *dungeon* uma estrutura amplamente usada em diversos *games*, ela passa a ser foco de métodos generativos a partir da década de 1980, com o Jogo Rogue.

É possível então entender que, as *dungeons* são um tipo de ambiente virtual implementado em jogos digitais, fortemente inspiradas em filmes e na literatura do gênero de fantasia. Elas retratam a narrativa do herói entrando em masmorras ou cavernas para matar monstros e encontrar tesouros escondidos. Com base nessa narrativa, foi criado todo um sistema que funcionou muito bem nos *videogames* das décadas de 1980 e 1990, como nos jogos das franquias The Legend of Zelda (1986), Metroid (1986), Final Fantasy (1987), Gauntlet (1985), entre muitos outros, e continua funcionando até os dias atuais, como nos jogos Dead Cells (2018), Hollow Knight (2017), Hades (2020), entre outros.

É importante ressaltar que existe uma variedade muito grande na complexidade dos ambientes virtuais que têm sido abordados em trabalhos científicos, como mostrado anteriormente neste mesmo capítulo. Porém, ressaltamos que independentemente se estamos nos referindo a estruturas de Realidade Virtual, ambientes que simulam mundos virtuais ou até *dungeons* em *videogames* 16 bits que utilizam de *pixel art*, estes locais virtuais possuem uma simplicidade estrutural, focada em objetivos calculáveis e

mensuráveis, fundamental para viabilizar sua construção. Sejam as dungeons de jogos da franquia Zelda (*Nintendo*), ou a infinidade de planetas criados para o jogo No Man's Sky (*Hello Games*), todas são subordinadas a estruturas jogáveis baseadas em mecânicas e narrativas, que são mediadas por uma tecnologia e apresentadas via uma estética.

Shake, Torgelius e Nelson apresentam um modelo estrutural para geração de *dungeons* baseado *constructos* e são divididos em três etapas, sendo elas: (1) Um modelo representacional; (2) um método para construir esse modelo representacional; e (3) um método para criar a geometria real de uma *dungeon* a partir de sua representação (2016, p. 32). Dada a tecnologia disponível e suas limitações, a construção de ambientes virtuais será regida por uma simplicidade necessária tanto para viabilizar sua construção, quanto para haver uma comunicação com o público que usará o ambiente criado. Essa simplicidade tem o objetivo de ensinar ao usuário de forma rápida e clara a ordem que domina o ambiente criado (Arnheim, 1980, p. 52), dando ferramentas para o jogador interagir com o *game* da forma mais próxima possível com os objetivos previamente planejados pelos desenvolvedores.

Então, estamos falando que existe uma intencionalidade relacionada ao objetivo último da mídia interativa, mesmo que ela possa ser amplamente usada e apreciada das mais diversas formas pelos usuários. Sendo assim, por mais que o jogo possua um ou mais métodos generativos implementados em seu sistema, essas criações procedurais não podem negar o próprio jogo e sua narrativa. Essas criações procedurais são partes do próprio jogo, podendo, em alguns casos, até ser vistas como criações autônomas. No entanto, são geradas para influenciar e trabalhar em prol do todo.

No sentido puramente quantitativo, qualquer secção ou recorte de um todo pode ser chamada de parte (Arnheim, 1980, p. 68). No entanto, nos referimos aqui à criação de uma parte que, além de influenciar positivamente o todo, reforça a narrativa e a jogabilidade de forma positiva, conectando-se com a mecânica e estética do jogo. Dessa forma, ao gerar de uma *dungeon*, as salas devem se comportar como partes funcionais, ao ponto de poderem ser relocadas ou recombinaadas na criação de outras configurações do mesmo cenário, como acontece no jogo Dead Cells, ilustrado na Figura 34. As salas passam a ter também uma representação geométrica que exhibe o cenário como um mapa, retratando todo o espaço que o jogador pode explorar.



FIGURA 34: CAPTURA DE TELA DO JOGO DEAD CELLS EXIBINDO OS DIFERENTES TIPOS DE REPRESENTAÇÕES VISUAIS DOS CENÁRIOS QUE O JOGO APRESENTA (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

Na Figura 34, podemos observar, da esquerda para a direita, três representações do espaço de interação apresentado no jogo Dead Cells. Primeiro, vemos uma representação dos cenários e suas conexões, depois do mapa da masmorra onde o personagem se encontra, e por fim, o espaço onde o jogador realmente interage virtualmente. Essas representações tanto ajudam o jogador a se localizar no universo fantástico do *game*, como reforçam o valor do cenário que é reconfigurado a cada partida, já que é preciso garantir uma congruência dos conteúdos procedurais com o todo.

De forma geral, Shaker, Torgelius e Nelson apresentam o método generativo de Reparticionamento de Espaço como uma solução viável para construções de *dungeons*. Basicamente, este método se utiliza de algoritmo que repartem um modelo, criando primeiramente uma subdivisão dessa imagem, que pode ser 2D ou 3D, e em seguida secciona tais subdivisões em conjuntos e subconjuntos (2016, p. 33). O objetivo é utilizar estas subdivisões em formas de polígonos e/ou pixels para criar imagens novas (2016, p. 34), sendo então descrito como um procedimento aplicado de forma eficiente na geração de cenários jogáveis.

Torna-se importante apontar que, assim como no método generativo baseado em busca, os métodos utilizados na criação de *dungeons* também trabalham com um modelo referencial, juntamente com a utilização de métodos computacionais que criam artefatos sem se deslocar, tanto em estética quanto na sua narrativa e mecânicas, do modelo referencial. Criando variações, e não algo novo que possua estética e função divergentes do modelo central, algo que agiria diminuindo seu valor em relação ao todo.

Torna-se importante ressaltar também que, em relação à criação de significados, música, imagem e interatividade são indissociáveis (Collins, 2013, p. 19). Ao retratar a construção de ambientes procedurais, estamos prevendo também a criação e o design do comportamento sonoro que a mídia interativa terá, sendo necessário a criação de soluções artísticas próprias de cada projeto. E todas as mecânicas, objetos, narrativas e experiências planejadas devem estar subordinadas a "experiência essencial" (Shell, 2008, p.23), que faz parte do conceito central de todo o *game*.

Apontamos ainda que o objetivo do aprofundamento deste texto nas práticas de criações generativas de cenários tem como função deixar claro que: (1) as criações procedurais aqui ressaltadas visam não uma mudança estrutural do jogo, mas tornar possível a criação de experiências de jogo mais dinâmicas, como a de exploração ou descoberta; (2) que não podemos mudar apenas uma dimensão ou trocar os objetos de lugar de um determinado cenário. Para garantir uma congruência na temática principal e na experiência fundamental do jogo, é importante obter uma sinergia entre os elementos de estética, narrativa e mecânicas do jogo; (3) e por fim, um cenário deve ser a junção em equilíbrio entre música e imagem, em prol da narrativa, reforçando e sendo reforçada por elementos de interatividade.

#### **4.6 Conteúdos que são intrinsecamente generativos**

Até o momento atual deste capítulo, discutimos principalmente sobre conteúdos procedurais que automatizam uma reconstrução de cenários jogáveis em *videogames*, os quais mantêm uma relação fundamental com uma configuração e reconfiguração dos seus próprios elementos. Esses processos de reconstrução também se relacionam intimamente com a mecânica de tempo abordada por Shell (2008 p. 157); a partir de uma noção de temporalidade no *gameplay*, ocorrem reconfigurações dos elementos contidos no sistema. No entanto, existem conteúdos que são generativos por natureza, eles atuam representando objetos naturais como vegetações e terrenos, e são essencialmente criados em grandes quantidades.

Se observarmos jogos da década de 1990, será possível reparar no cenário um real "cópia e cola" dos elementos visuais do *game*. Isso se dá pela característica de que os cenários de alguns gêneros de jogos normalmente são estruturas muito grandes e criar elementos visuais um a um, "feitos à mão", exigem muito trabalho, tornando-se inviável para a maioria dos projetos. Então, a solução encontrada para tal problema, foi a de simplesmente criar um objeto base e repeti-lo em todo o cenário, dado que certos elementos visuais não possuíam verdadeira interação e protagonismo em cena.

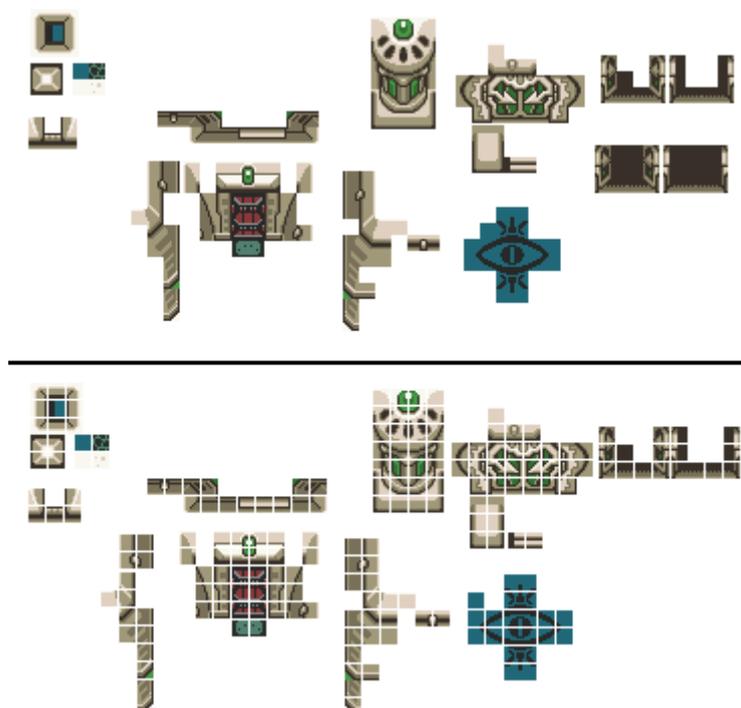


FIGURA 35: CONJUNTO DE TILES DO JOGO THE LEGEND OF ZELDA: A LINK TO THE PAST (FONTE: RETIRADO DA INTERNET).

O conjunto de imagens composto de elementos para construir os cenários em *games* são chamados de *tilesets*. Eles são compostos pelos elementos-chave para a criação de uma "fase" do *game*. Na Figura 35, é possível observar o *tileset* do jogo The Legend of Zelda: A Link to the Past (Nintendo, 1991). Esta técnica também pode ajudar a otimizar a criação de geradores de conteúdos procedurais.

Entretanto, com o aumento da noção de interatividade presente nos *games* mais modernos, uma grande variedade de gêneros, e em especial os que usam gráficos 3D, apresentaram algum tipo de terreno onde o personagem do jogador utiliza para ficar em pé, podendo agora interagir com mais liberdade no ambiente virtual apresentado. Esses cenários são formados por relevos, vegetações, construções e mais uma infinidade de objetos que dialogam com a narrativa e a jogabilidade do *game* (Shaker; Torgelius; Nelson, 2016, p. 57), dado que eles interagem direta e indiretamente com o jogador. Portanto, além de elementos estéticos, como na maioria dos *backgrounds* dos jogos 2D, a natureza neste contexto também afeta a mecânica do jogo.

Um exemplo interessante é o jogo No Man's Sky (Hello Games, 2016), o qual foi concebido integralmente com auxílio de métodos generativos (retratado nas Figuras 35, 36, 37 e 38). Dada a necessidade de representação de cenários em várias dimensões, os conteúdos procedurais implementadas no *game* variam desde objetos que servem apenas

como sistemas de localização até conteúdos de interação com o personagem. Portanto, em uma visão macro, é possível perceber o papel da configuração de elementos; enquanto em uma visão micro, ou seja, observando de perto os objetos, são visíveis detalhes muitas vezes bastante particulares.



FIGURA 36: CAPTURA DE TELA DO JOGO NO MAN'S SKY (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

Na Figura 36, podemos ver a representação de uma visão em terceira pessoa em um ambiente de interação, onde os objetos estão próximos do personagem controlado pelo jogador no *game* No Man's Sky (Hello Games, 2016). Já a Figura 37 representa a visão de entrada em um planeta, onde os objetos de interação possuem uma relação maior com o player. A Figura 38 representa uma visão no espaço, de fora do planeta, e por fim, a Figura 39 representa um mapa intergaláctico com as galáxias que o jogador pode visitar.

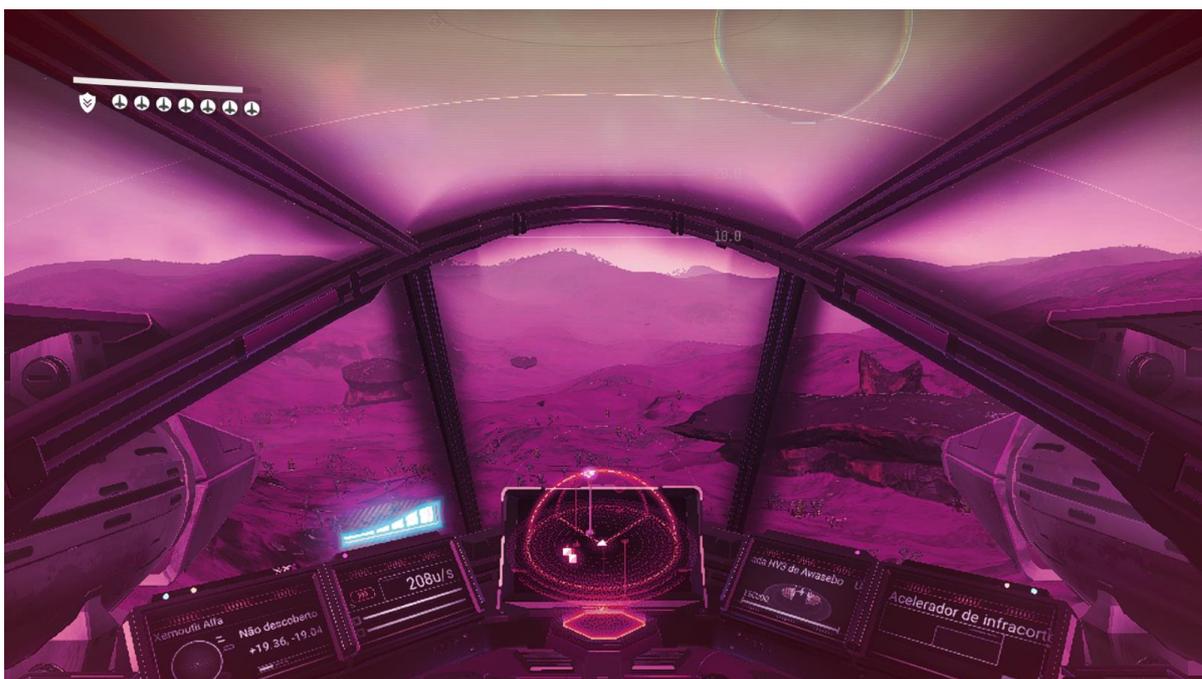


FIGURA 37: CAPTURA DE TELA DO JOGO NO MAN'S SKY (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).



FIGURA 38: CAPTURA DE TELA DO JOGO NO MAN'S SKY (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

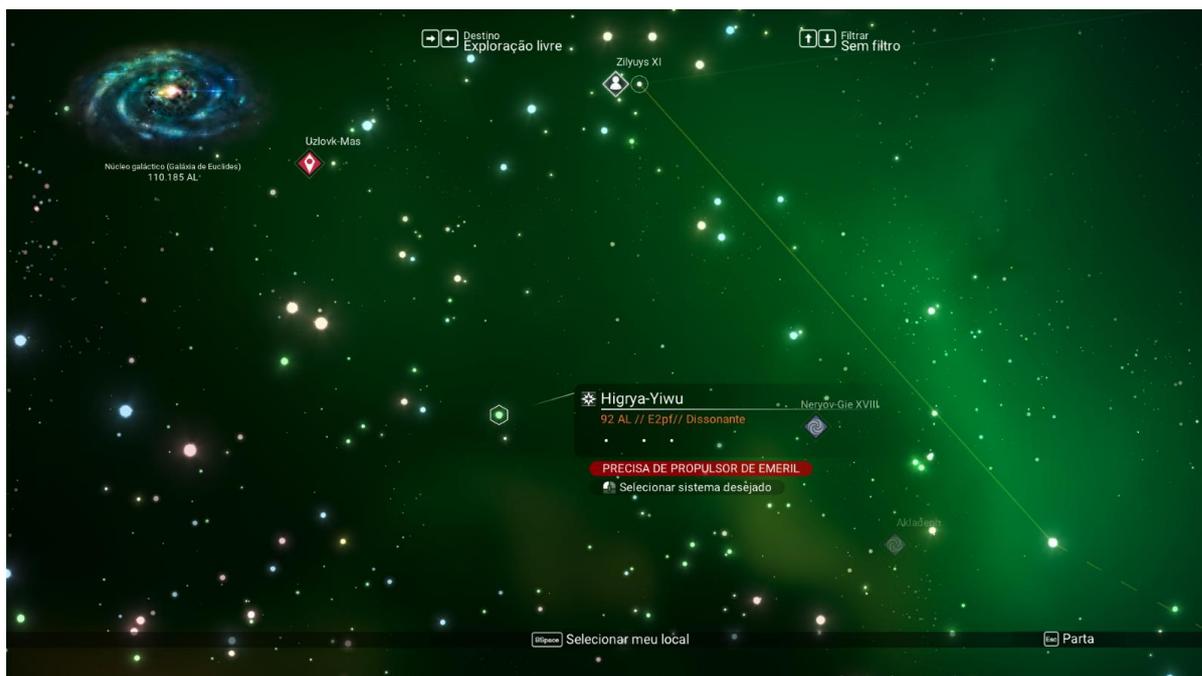


FIGURA 39: CAPTURA DE TELA DO JOGO NO MAN'S SKY (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

Dessa forma, para se aproximar ao máximo da experiência real de estar em um ambiente natural, têm-se utilizado métodos generativos para criar elementos com micro variações que dão a impressão de estarmos criando em grande quantidade objetos únicos e com características próprias. É possível então criar florestas inteiras com um clique, bem como mapas com características visuais muito particulares. Sendo a atribuição de sons regidos por métodos generativos uma prática utilizada para aumentar ainda mais a experiência imersiva.

Portanto, para um jogo com viagens interplanetárias em uma experiência em terceira pessoa como a que ocorre em No Man's Sky, os desenvolvedores optaram por construir um espaço central em três dimensões de interação. Em primeiro lugar, no espaço, onde vemos planetas, asteroides, naves cargueiras e todo tipo de conteúdo a partir de uma visão da nossa nave. Em segundo lugar, quando chegamos a um planeta e adentramos em sua atmosfera, podemos vê-lo de cima, em uma representação de seu relevo, onde além de já nos depararmos com suas características estruturais, também nos localizamos em relação a seus objetos de interação. Por fim, ao pousarmos, temos uma visão mais próxima de sua fauna e flora, incluindo vida aquática para alguns planetas.

É possível então observar inúmeros detalhes em seus terrenos, vegetações e vida extraterrestre. Apesar de ser possível reconhecer os modelos de base na construção dos conteúdos procedurais, é realmente interessante observar que já é possível a criação de ambientes virtuais funcionais em grande quantidade. Sendo que, além de todo um

sistema de configuração dos objetos presentes na cena, é necessário um processo de criar objetos que pareçam únicos, e para isso são necessários métodos específicos que atendam a essas demandas.

De tal modo que, em No Man's Sky, assumimos o papel de um viajante interplanetário que atravessa a galáxia realizando missões em um modelo de narrativa emergente (Shell, 2009 p. 115). Com um vasto contingente de conteúdos criados por meio de métodos generativos, o jogo ganhou reconhecimento e diversos prêmios, incluindo os *Golden Joystick Awards* de 2016 e o *SXSW Gaming Awards* de 2015 na categoria de inovação tecnológica. Basicamente, os métodos generativos atuam para tornar possível a criação de cenários em uma quantidade tão absurda de grandeza que torna o jogo praticamente infinito, conforme descrito pelos próprios autores, uma vez que se torna quase impossível explorar todo o seu conteúdo.



FIGURA 40: CAPTURA DE TELA DA PROMOÇÃO DE JOGOS COM REJOGABILIDADE INFINITA (FONTE: STEAM).

Abrindo um breve parêntese, ressaltamos que a busca por uma "rejogabilidade infinita" terminou gerando um subgrupo de jogos relacionados com geradores procedurais de conteúdos e jogos onde uma rejogabilidade é qualidade intrínseca ao próprio projeto. A Figura 39 mostra o banner da empresa *Steam* em uma promoção que aconteceu de 13 a 20 de maio de 2024. Nessa promoção, foram apresentados jogos que possuem esta premissa de serem "infinitos" baseados em sua propriedade de serem rejogáveis. Tais propriedades são possíveis a partir do uso de métodos generativos em seus projetos e o termo "geração procedural" aparece como um subgênero de jogos.

Seguindo nosso propósito inicial do capítulo, Shaker, Torgelius e Nelson apresentam um método que gera "ruídos" em imagens, podendo produzir, por exemplo, variação de cor em objetos visualizados pelo jogador (2016, p. 58). Uma variação de cor e dimensão já consegue criar várias representações na imagem, como efeito de afastamento ou sombreamento, bem como gerar características particulares no próprio objeto. Sendo assim, o ruído produz pequenas variações que precisam ser adicionadas ao terreno para que ele pareça mais real na perspectiva do usuário.

Os ruídos são gerados a partir de mapas de intensidades em matrizes bidimensionais (x e y) de uma superfície retangular (Shaker; Torgelius; Nelson, 2016, p. 59). Porém, para gerar um mapa completamente de forma aleatória, não podemos apenas criar um gerador de números aleatórios, pois isso criaria mapas completamente disfuncionais para um jogo digital. A necessidade de seguir uma narrativa, e do cenário criado ser parte da mecânica do jogo, força a utilização de métodos mais centrados e determinísticos. Ressaltando que um mapa de relevo é um mapa de altura, se ele cria relevos aleatórios a partir de um intervalo muito amplo, é muito provável que sejam geradas situações de locais intransponíveis para o usuário, podendo gerar quebra na jogabilidade.

"Reações a fotografias e filmes mostraram que o progresso no realismo pictórico cria a ilusão da própria vida" (Arnheim, 1980, p. 127). Além da construção de artefatos funcionais, os métodos generativos precisam estar alinhados para gerar as ilusões necessárias para a obtenção de narrativas emergentes. Arnheim aponta que muitas vezes, para criar um entendimento em uma imagem, é preciso representá-la de forma distorcida, e não a partir da representação real que ela teria no campo de visão (1980, p. 124). Como um cavalo que é sempre representado pictoricamente de lado, pois de frente criaria um efeito de escorço (1980, p. 107). Porém, se o mesmo cavalo estivesse vindo de encontro ao personagem do jogador em primeira ou terceira pessoa, teria que ser representado de frente e complementado com outras representações indicando a aproximação, como por exemplo a adição de efeitos no cenário juntamente com a implementação de sons que indique a velocidade de tal aproximação.

Tais representações precisam estar alinhadas com aspectos de entendimento do cenário, para assim ser possível o surgimento de narrativas emergentes por parte do usuário. Se o jogador precisa chegar a um determinado local de um mapa, a distância representativa do caminho em que o personagem do jogador deve percorrer também deve estar alinhada com os objetos que ele vai encontrar no cenário e com a forma que os objetos foram e posicionados em cena. Tanto a representação pictórica dos objetos quanto sua interação devem ser congruentes e narrar uma história por si só. Dada esta e outras

complexidades, na atualidade os desenvolvedores ainda optam por criações procedurais com baixa variabilidade

Seguindo o conceito de que os terrenos devem ser representados de maneira visualmente correta, terem relação com características que possibilitem a geração de narrativas emergentes e ainda se adequem à mecânica proposta no jogo, são criados métodos que possibilitam tais construções. É possível, por exemplo, gerar planícies mais lineares e através da aplicação de ruídos nos terrenos por meio de parâmetros menos aleatórios, obter resultados mais próximos de um modelo já considerado confiável do ponto de vista da mecânica (Shaker; Torgelius; Nelson, 2016, p. 60). Já no método Gradient-based random terrain, é possível implementar os valores de altura dos terrenos e randomizar suas inclinações, mais uma vez aplicando ruídos no terreno para de certa forma deixá-lo visualmente mais natural (Shaker; Torgelius; Nelson, 2016, p. 60).

Outras aplicações também são apresentadas por Shaker, Torgelius e Nelson (2016, p. 57). No entanto, ressalta-se que em nenhuma delas são descritos algoritmos que busquem uma solução que simule uma evolução narrativa histórica de um terreno. Esses modelos são frequentemente baseados em matemática e priorizam a funcionalidade, especialmente em relação às mecânicas do jogo. Lidar com a configuração e a forma de maneira sinérgica e congruente entre as mecânicas e as narrativas de um jogo continua sendo um desafio para os desenvolvedores de Geradores de Conteúdos Procedurais.

#### **4.6.1 Vegetações**

Após a construção de terrenos, outro assunto de grande importância é a criação de vegetação para cenários utilizáveis em jogos digitais. A solução de apenas repetir um objeto (como citamos acima) já não é mais aceitável, a depender da complexidade e estilo gráfico do projeto. Shaker, Torgelius e Nelson apontam que em um conjunto de vegetações, como em uma floresta ou até mesmo uma planície, os artefatos devem ser gerados em grande número, serem semelhantes entre si e de fácil reconhecimento. No entanto, também devem possuir ligeiras ou micro variações entre e que sejam possíveis de serem discriminadas pelo usuário (2016, p. 73).

As vegetações são consideradas um problema de fácil resolução pelo fato de serem tratadas como objetos com pouca representação funcional (Shaker; Torgelius; Nelson, 2016, p. 73). A forma visual não depende apenas da projeção em nossa retina, ela depende da inserção de uma imagem em um contexto. "A forma visual pode ser evocada pelo que se vê, mas não pode ser tirada diretamente dela" (Arnheim, 1980, p. 129). Sendo assim, atualmente, métodos gramaticais têm conseguido representar a flora de cenários com grande sucesso, não por se assemelharem a estruturas reais ou biológicas de uma planta,

mas sim por criar representações visuais que dialogam com as representações gráficas retratadas nos *games*.

Cada meio irá ditar as necessidades que um modelo de objeto deve possuir (Arnheim, 1980, p. 130). Os estilos gráficos implementados em jogos são os mais diversos, indo de um minimalismo total até um realismo exagerado. Estas representações devem estar alinhadas para transmitir as informações necessárias para gerar uma noção de completude em relação ao ambiente experimentado pelo jogador. No entanto, os métodos apresentados por Shaker, Torgelius e Nelson lidam com questões mais estruturais, apresentando métodos gramaticais que resolvem tais problemas.

Um método gramatical é composto por um conjunto de regras para reescrever uma string, ou seja, o método desenvolve um processo de transformação de uma *string* em outra (Shaker; Torgelius; Nelson, 2016, p. 74). Seguindo um processo contínuo, este método pode gerar estruturas com as micro variações necessárias na criação de objetos reconhecíveis como uma representação de fauna em vários estilos gráficos. Normalmente, são utilizados métodos gramaticais determinísticos para a geração de vegetação em ambientes virtuais, pois eles seguem uma determinada forma gerando apenas variações próximas de um determinado modelo central. No entanto, diferente de uma reconfiguração, este método regula uma variação no movimento da criação do novo "desenho" de um determinado objeto.

Por fim, é importante ressaltar que, como na geração de terrenos, os métodos generativos para criar vegetações aplicados em *videogames*, trabalham criando figuras representativas que se conectem às mecânicas de um determinado jogo reforçando tanto sua estética quanto sua narrativa. O interesse não é criar representações de estruturas biológicas próximas das reais, mas sim gerar o entendimento de que um objeto faz parte de um todo e que este todo se torna subordinado às suas partes, gerando equilíbrio. Portanto, este equilíbrio sustenta a imersão em um mundo virtual.

#### **4.7 Considerações sobre o capítulo**

A delegação de parte do processo de criação artística para sistemas computacionais com algum tipo de inteligência já é uma realidade em vários cenários. Na indústria dos *games*, esse processo de automatizar a configuração e a reconfiguração dos elementos apresentados para o usuário em um jogo com propriedades generativas é quase uma exigência intrínseca à própria natureza de uma obra. Atuando assim no mantimento de experiências dinâmicas ou gerando conteúdos para aumentar o tamanho do ambiente virtual percebido pelo usuário.

Portanto, consideramos que a criação do design desses processos de variabilidade por si só já pode ser considerada um processo artístico, que, atrelado a objetivos funcionais, contribui para a criação de um jogo. É possível, então, identificar nas mídias com qualidades generativas o caráter do conteúdo criado, sendo possível discriminar se existe um aumento de dados no sistema ou se o que está presente é um processo puro de reconfiguração. Ressaltando que, apesar de ser uma mídia interativa que muitas vezes visa gerar a sensação de liberdade ao usuário, os jogos digitais costumam ter um tema central e uma experiência fundamental que devem ser reforçados por seus próprios elementos. Sendo assim, as qualidades generativas vão criar um movimento adicional na obra, gerando variação dos conteúdos de forma direcionada a criar uma espécie de ambiente "vivo" que é subordinado a um todo.

A implementação de um design da variabilidade visa gerar um olhar para a natureza funcional de um *game* em relação à sua condição básica de ser interativo e mutável. Entretanto, não podemos deixar o *game* se transformar ao ponto de se tornar irreconhecível para o usuário, perdendo seu tema principal e sua experiência fundamental. Por conta dessas características, torna-se importante garantir sua aproximação com as narrativas e estéticas do *game* e, ao mesmo tempo, criar uma possível expansão do nível de respostas que o sistema dá ao usuário, gerando mais sensação de liberdade.

No jogo Dead Cells, cada cenário já possui uma narrativa predefinida, que é expressada em elementos fixos, como a música, a paleta de cores, inimigos possíveis de se encontrar, possíveis itens e as conexões com outras partes do mapa do jogo. O design de variabilidade controla o quanto os artefatos gerados irão se distanciar de um modelo central. Estamos falando aqui do 'como' serão realizadas essas mudanças, para que serão realizadas essas mudanças e como será averiguada e controlada essa variabilidade criada.

Ainda abordando o exemplo de Dead Cells, ele possui um processo de reconfiguração aplicado principalmente nos mapas e na localização de inimigos e itens. Esse processo visa manter ativa a experiência e o desafio de exploração, experiências essas que são intrinsecamente ativas e dinâmicas. O controle dessa experiência é visível pelo fato de que o jogo "ensina" ao usuário que ele deve sempre esperar um reembaralhar das peças do cenário, não criando incongruências ou frustrações no processo; os mapas gerados sempre têm os desfechos previamente projetados.

Já no *game* Civilization VI, os mapas também são reconfigurados; porém, a reconfiguração dos objetos de interação com o jogador possui um foco na construção de ações e narrativas emergentes. Os objetos têm muitas ramificações em suas ações e um nível complexo de hierarquia entre si. Então, um determinado personagem que o

computador controla realiza ações similares às do jogador, enquanto por boa parte do *gameplay* o usuário pode nem o encontrar e presenciar suas ações, bem próximo de uma experiência focada no conceito da teoria dos jogos. O design da variabilidade desta reconfiguração é a chave da criação da experiência fundamental do jogo Civilization VI.

Sendo assim, em Civilization VI, os métodos generativos reconfiguram mapas-múndi com elementos que possam criar uma experiência próxima à teoria dos jogos. Isto é feito para gerar a sensação de se estar gerindo uma grande civilização onde tomamos decisões e realizamos ações que afetam os outros, porém, sem saber como eles estão reagindo, demandando reações por parte do usuário de estratégia e tomada de decisões. Civilization centraliza sua jogabilidade em mecânicas de gestão e conteúdos procedurais como mapas com pequenas variações que geram a sensação de sempre ter um cenário novo.

Em Hades, são implementadas mecânicas relacionadas a uma experiência de jogos *roguelike*, onde, neste caso, os métodos generativos atuam reembaralhando cenários sem muita variabilidade. A experiência leva o jogador a sentir-se em um tipo de labirinto, onde as escolhas de caminhos direcionam ao encontro de personagens coadjuvantes que proporcionarão itens de melhorias para continuar sua jornada. Este design de jogabilidade gera uma experiência dinâmica de sempre ter que escolher uma direção em uma bifurcação, que leva a um novo caminho que pode ter itens melhores ou piores, como na escolha das portas contendo prêmios ou não do programa "Porta da Esperança" do apresentador Silvio Santos.

Essa experiência é mantida em uma proximidade com a sensação dinâmica da tomada de decisão de algo que não temos nem informação suficiente nem controle total da situação. Porém, ressaltando, os métodos de Hades mantêm uma variabilidade baixa dos conteúdos procedurais; não sabemos exatamente o que pode vir na próxima bifurcação, mas sabemos que o que está por vir está dentro de um conjunto previsível de possibilidades.

Já na construção dos ambientes virtuais de No Man's Sky, o design de variabilidade bem-sucedido garantiu não só a geração de planetas em uma quantidade absurda de grandeza, permitiu também o desenvolvimento de uma representação de um universo próximo ao que vemos na literatura e no cinema de ficção científica. A aproximação dos conteúdos gerados com diretrizes estéticas que reforçam a mecânica e a narrativa foi provavelmente algo crucial no sucesso do ambiente criado. E o design de como essas variações irão acontecer pode ser visto sendo um mediador central deste processo.

Por fim, o ato de variar sem alterar, de mudar sem perder a conexão, de multiplicar com a sensação de unidade em cada novo artefato e de ser dinâmico por

natureza é, provavelmente, um dos grandes desafios dos jogos com qualidades generativas. Trata-se de um processo simultaneamente artístico e funcional, que busca criar variabilidade na construção de ambientes virtuais “vivos” e capazes de representar tanto uma realidade concreta quanto uma fantástica. Assim, projetamos o comportamento de um sistema computacional que deve reforçar o todo, criando um equilíbrio em movimento, mutável e dinâmico por essência.

## Capítulo 5 - Sistema integrado de criação musical para *videogame* com qualidades generativas

### 5.1 Notas introdutórias do capítulo

De forma geral, podemos entender que produzir um jogo digital é realmente uma atividade complexa. Essa complexidade é possivelmente fundamentada na necessidade da aplicação de conhecimentos profundos de diversas áreas em seu processo de construção. Em tentativa de maior organização do processo como um todo, as atividades que compõem a criação de um jogo digital são seccionadas em departamentos, gerando por um lado, maior organização dos procedimentos individuais, por outro, possíveis dicotomias em sua produção. Entendemos, dessa forma, que procedimentos como programação computacional, confecção de arte visual e composição musical, por exemplo, possuem íntima conexão nas atividades de desenvolver um *game*.

Diante de uma visão industrial da criação de *softwares* que vinha se reinventando desde a década de 1970, convencionou-se uma subdivisão do processo de confecção das partes que compõem o projeto de um *game* em departamentos distintos, surgindo a partir dessa demanda estrutural a figura do *game designer* como um projetista e mediador de todo o processo. Subprodutos passam a emergir dessas demandas e realidades, como a confecção de documentação específica do design de um *game* (GDD), documento esse que tem como um dos seus principais objetivos o de gerar comunicação entre os departamentos de uma empresa ou grupo de desenvolvimento de jogos digitais. Apresentamos os conceitos e tipos de GDDs com mais detalhes no capítulo 3.

Compreendemos desta forma, que uma parte importante de um jogo digital é a junção de interfaces visuais, musicais e algorítmicas unidas em prol de um design. Dada a complexidade individual de se confeccionar cada parte que compõe esse produto, consolidou-se então a divisão dessas áreas mencionadas em departamentos, e o processo é fragmentado em partes para se tornar mais factível. Entretanto, esse processo de fragmentação também gerou uma maior dificuldade em olhar, analisar e explorar as conexões entre essas partes que compõem o todo.

No capítulo anterior, vimos que jogos com características generativas possuem um direcionamento e equilíbrio interno congruente com uma experiência dinâmica de estar, em algum nível, sempre em mudança. Observamos também que existe demanda por jogos que retratem estes tipos de experiências, gerando necessidades de automação na criação e reconfiguração de conteúdos, bem como jogos que tragam a sensação de serem infinitos.

De tal forma, podemos observar que estas criações procedurais são subordinadas a uma experiência fundamental e a um tema principal de um jogo, não sendo compostas por criações ou elementos generativos avulsos.

Partindo então desses raciocínios, apresentaremos neste capítulo um sistema de criação e análise de músicas generativas para jogos digitais que propõe a integração de todos os elementos contidos em um *game*. Este processo tem forte inspiração nos conceitos de causalidade apresentados pelo cientista da computação e filósofo Judea Pearl (2010; 2014; 2018), como apresentado na introdução desta mesma dissertação. Compreendemos assim, que o equilíbrio de uma obra interativa que tem o propósito de gerar uma experiência específica depende em grande parte da congruência das relações causais projetadas e implementadas em seu sistema computacional.

Adotando assim, a premissa de que o processo de criação deve surgir de um procedimento integrado e único, principalmente quando implementamos conteúdos generativos. Com esse esforço de unificação, procuramos garantir que o processo de mudança gerada pelas qualidades generativas ou procedurais contidas no *game* não negue ou prejudique o projeto como um todo, bem como gere mais valor percebido entre os conteúdos implementados.

Propomos então o **Sistema Integrado de Criação Musical Para Jogos Com Qualidades Generativas**. Este modelo é constituído por uma série de frameworks com o intuito de colaborar com todo o processo de criação em um formato claro e de fácil interpretação. O modelo representa três níveis de interação, são eles: (1) **elementos estruturais**; (2) **elementos conceituais**; e (3) **design de mudança (ou variabilidade)**.

Na Figura 41, representamos visualmente os níveis de interação propostos. Entendemos que cada nível de interação também representa um campo de diálogo, o qual pode ser prejudicado caso a comunicação seja limitada entre a equipe. Dessa forma, compreendemos que os elementos estruturais dizem respeito aos aspectos intrínsecos da estrutura tecnológica, como algoritmos e arquitetura do sistema; os elementos conceituais referem-se às decisões artísticas; e o design indica como a estratégia de modificação ou criação dos elementos do jogo no sistema se articula sem perder o equilíbrio proposto. Portanto, consideramos que, com essa abordagem, fica mais clara a importância de haver a integração sugerida.

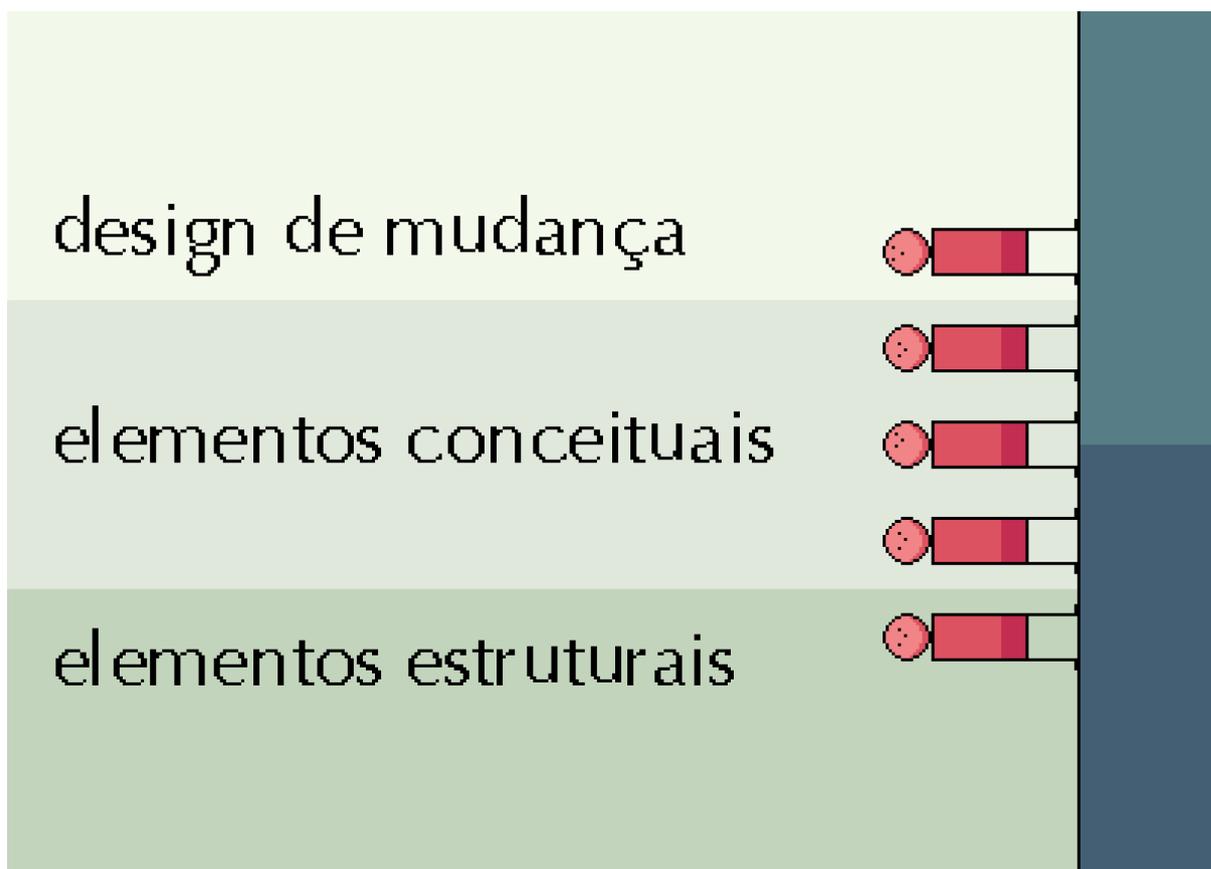


FIGURA 41: FRAMEWORK QUE MOSTRA OS TRÊS NÍVEIS DE INTERAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DE CRIAÇÃO MUSICAL PARA JOGOS COM QUALIDADES GENERATIVAS (FONTE: CONFECÇÃO PRÓPRIA).

Para o propósito da apresentação dos conceitos que elaboram o modelo visual criado, estruturamos o presente capítulo da seguinte forma: (1) **Introdução**; (2) **Uma Relação Causal**, momento em que definimos como será abordado o conceito de causalidade na criação de *games*; (3) **Elementos Estruturais e Conceituais**, onde adaptamos e integramos os conceitos da Tétrade do *Game Design* de Shell (2018, p. 51) com os conceitos de análise de obras visuais de Rudolf Arnheim (1980); (4) **Design de mudança (ou variabilidade)**, onde propomos um modelo de implementação de métodos generativos de forma integrada em um *game*; (5) **3 Cenas**, onde analisamos cenas de 3 jogos à luz do modelo apresentado; e (6) **Considerações Sobre Este Capítulo**.

## 5.2 Elementos estruturais e conceituais

Na introdução desta dissertação, apresentamos o conceito de inferência causal como uma ferramenta útil no processo de análise e criação de um jogo digital. Agora, é o momento de mostrar como esses conceitos serão unificados em prol do processo de criação proposto. O objetivo, neste momento, é formular uma hipótese de correlação (causal e

associativa) entre os elementos estruturais e conceituais que compõem um *game*, buscando criar um conceito sólido sobre o "porquê" de cada objeto relevante presente em uma cena. Essas proposições serão úteis no processo de adicionar qualidades generativas a um projeto de áudio para *videogames*.

Adotamos então que os elementos estruturais de um jogo digital são aqueles que têm uma relação direta no âmbito da tecnologia e da mecânica, em um parâmetro mais intrínseco ao sistema. E compreendemos os elementos conceituais como o resultado percebido pelo usuário, principalmente no âmbito da narrativa e estética, correlacionando-os assim com três esferas perceptuais, sendo elas: (1) protagonismo e foco; (2) equilíbrio; (3) direcionalidade e movimento. Por um lado, utilizamos a tétrede do *game design* de Schell (2018, p. 51) para lidar com elementos do *game design*, já por outro, abordamos a percepção da obra artística com elementos mais subjetivos, inspirado no trabalho de Rudolf Arnheim (1980).

Sendo que, quando nos referirmos aos elementos estruturais de um *game*, queremos qualificar e manipular uma causa e efeito que não é percebida diretamente pelo usuário da forma que foi aplicada no sistema. Em um exemplo ilustrativo, digamos que precisamos que um personagem de um determinado jogo pule, então programaremos via algoritmo a movimentação de um objeto em relação aos *pixels* da tela, muitas vezes ainda sem uma relação direta com a representação artística do personagem em questão, ato muito comum na fase da prototipagem das mecânicas. E entenderemos dessa forma que o objeto computacional responderá estritamente ao algoritmo de movimentação programado em relação às respostas do sistema.

Já quando nos referirmos a uma esfera conceitual, procuramos lidar com os elementos de representações artísticas e experiência de um usuário. Neste momento, entramos em contato com as representações visuais e sonoras vividas no ato de jogar. Será criada então uma noção de regularidade nas ações e reações provocadas no ambiente virtual e o surgimento de uma poética proveniente da estética e narrativa do jogo como um todo.

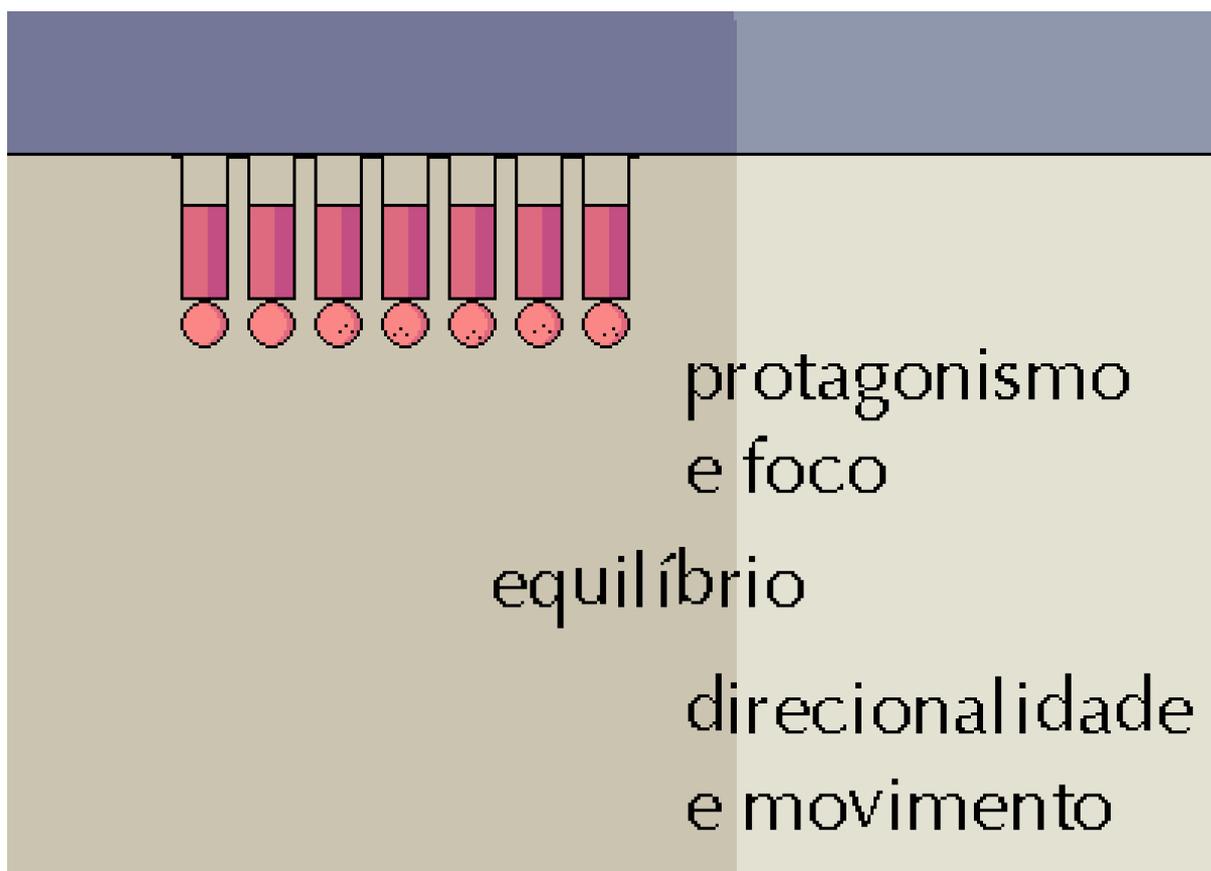


FIGURA 42: *FRAMEWORK* DO SISTEMA INTEGRADO DE CRIAÇÃO MUSICAL PARA JOGOS COM QUALIDADES GENERATIVAS (FONTE: CONFECÇÃO PRÓPRIA).

Dessa forma, podemos criar correlações subjetivas a partir da observação de elementos da estética e da interatividade, buscando compreender o lado subjetivo da experiência proposta. Portanto, entendemos que, o protagonismo e o foco, como característica analítica, representam o que o som está retratando, tornando mais evidente e como está sendo reproduzido na cena; a direcionalidade e o movimento dizem respeito à representação de velocidade e intenção, gerando ou apontando direção e até representando forma para uma cena ou objeto; e, por fim, o equilíbrio, que retrata não só um equilíbrio visual, mas também o estado da própria narrativa e das condições vividas pelos personagens do jogo (conceitos representados na Figura 42).

Assumimos que dessa forma será possível criar hipóteses correlacionais representativas de como a cena se estrutura e como o som contribui durante esse processo. Levantamos ainda a hipótese de que, ao integrar qualidade generativa a um *game* sem levar em consideração os elementos que sustentam sua construção, podemos enfraquecer toda a experiência de jogar. Apontamos ainda que as características contidas nos elementos

levantados na hipótese correlacional podem ser vistos como variáveis computacionais, sendo assim mais fácil trabalhar na transformação ou modificação da cena via algoritmos.

### 5.3 Design de mudança (ou variabilidade)<sup>25</sup>

Da mesma forma que inferimos causa e efeito com tanta naturalidade que às vezes nem precisamos refletir sobre tomadas de decisões cotidianas, o ato de questionar se nossas ações poderiam ter levado a outros cursos também é algo que aparece com uma recorrência cotidiana nas nossas vidas. A ideia de imaginar que outros mundos são possíveis, de imaginar que mudando ações pontuais realidades próximas também podem mudar, faz parte do ato de imaginar uma contrafactualidade (Pearl, 2018, p. 266). Em parte, isso ocorre quando percebemos que nem sempre podemos percorrer os dois caminhos de uma bifurcação, no entanto, sempre pensamos como poderia ter sido (Pearl, 2018, p. 296)

Retomando a reflexão sobre jogos digitais com qualidades generativas, pensar na contrafactualidade<sup>26</sup> como uma ferramenta de design pode ser muito útil para projetar jogos com múltiplas possibilidades em seus elementos. Dado que uma experiência positiva de um jogo tem correlação com a sinergia entre as partes que são implementadas no *game* como um todo, aqui entendida como tecnologia, mecânica, narrativa e estética; e que um pensamento contrafactual leva em consideração uma ação integrada a seu ambiente e suas regras ao pensar em outras possibilidades ou outros mundos possíveis. Adotar um design que molde e controle a contrafactualidade em um jogo seria como pensar e projetar as múltiplas possibilidades de um ambiente virtual conectando-o com as múltiplas possibilidades necessárias das partes que compõem a visão total desse ambiente.

O conceito central de um design de mudança (ou de variabilidade) seria que uma determinada cena de um *game* sustenta sua importância por atingir um equilíbrio sinérgico em uma direcionalidade que vai de suas partes para o todo e vice-versa. Entende-se aqui cena como um ambiente interativo, como uma fase ou cenário, que possui suas regras executadas via algoritmo e que segue o fluxo de uma narrativa. Dessa forma, ao aplicarmos uma contrafactualidade na cena, todos os elementos que sustentam o equilíbrio daquela cena, se necessário, devem mudar para sustentar o equilíbrio nesse processo de mudança,

---

<sup>25</sup>Esta pesquisa referencia um design que visa a criação de uma contrafactualidade, utilizando os termos "design de mudança" e "design de variabilidade" como sinônimos ou complementares, dada a natureza ainda experimental do estudo. Consideramos a possibilidade de, no futuro, adotarmos uma terminologia única e fixa.

<sup>26</sup>Entendemos contrafactualidade como um coproduto do design de mudança (ou variabilidade). Ao modificar um elemento de uma cena ou a cena como um todo, emergem novas ações e significados decorrentes da relação interativa entre o jogador e os objetos computacionais. Esse subproduto é compreendido aqui como uma contrafactualidade.

gerando assim um potencial generativo na medida em que fragmentamos estas transições e modificações.

Propomos que os elementos que possuem a intenção de criar significados na cena, ressaltados a partir de uma análise conceitual, sejam vistos como variáveis computacionais. Devemos atribuir conexão entre características de objetos, como a cor ou luminosidade de um cenário, com um estado atribuído à cena, como perigo e segurança. A partir da criação dessas estruturas, podemos atribuir um valor de mudanças dos elementos selecionados (elementos estéticos) em relação ao estado de narrativa do cenário e conectá-lo ainda com respostas sonoras e assim por diante, conectando as mudanças de forma integrativa entre todos os elementos necessários para se criar um estado generativo que reforce uma narrativa sem negar uma hipótese correlacional criada.

Em um exemplo pontual, pois aplicaremos este raciocínio com mais detalhe na próxima sessão, imaginemos uma cena em que é um dia de sol em uma praia. Esta cena provavelmente terá uma luminosidade alta, possivelmente uma paleta de cores entre o azul e o amarelo, sons do mar, talvez até uma música havaiana ou uma *surf music*, como em vários filmes americanos. Porém, vamos imaginar uma variabilidade que gere uma contrafactualidade, sendo ela: que em um dado momento começa a chover. Para gerar essa representação contrafactual, devemos modificar vários parâmetros a depender da estética escolhida para a cena.

Partindo das nossa experiência prévias, possivelmente diminuiremos a luminosidade, e dessa forma, a luminosidade baixa também sugere uma trilha sonora focada nos sons mais graves, bem como a adição de barulho das gotas de chuva caindo no chão. Devemos adicionar a representação visual da chuva e, possivelmente, uma reação na mecânica do jogo pelo fato do personagem que o jogador controla estar andando em um chão molhado, sendo que o chão molhado também muda o som dos passos. Dessa forma, entendemos que um evento simples, na verdade, é formado por uma cadeia de estados que devem ter sua representação e variabilidade própria para atingirmos uma qualidade generativa em um *game*.

O próprio processo de mudanças tem o potencial de se tornar uma obra de arte, considerando as semelhanças que guarda com a arte generativa, onde a transição e o movimento da cena são inicialmente projetados por um agente humano que, em seguida, perde o controle do processo (Boden; Edmonds, 2009, p. 21). No caso apresentado, quanto mais fragmentações forem adicionadas ao processo de mudança, mais nuances existirão na cena. Direcionando ao fato de que quanto maiores forem as possibilidades de combinações desses estados ao longo do tempo, e com a ausência de um controle ativo de um agente

humano, maior será a qualidade generativa da cena. Atribuir qualidade generativa a um jogo também significa atribuir contrafactualidade e variabilidade em relação a uma noção de tempo à sua experiência.

### 5.4 3 Cenas

Nesta subseção, apresentaremos o **Sistema Integrado de Criação Musical para Videogames com Qualidades Generativas** como ferramenta de análise aplicado em 3 jogos com diversos perfis de jogabilidade. Os jogos abordados, a princípio, não são qualificados como possuindo conteúdos procedurais ou qualidades generativas, no entanto, seus sucessos no mercado de *videogames* indicam que foram bem-sucedidos no processo de construção de um produto equilibrado e com efetividade na construção de uma experiência satisfatória. Dessa forma, o objetivo será identificar os elementos que constroem tal equilíbrio, gerando uma hipótese correlacional, propondo a partir daí soluções de adição de qualidades generativas ao jogo analisado, ampliando suas possibilidades em um possível design contrafactual.

A criação de uma hipótese correlacional terá dois objetivos básicos, um antes de construirmos um design contrafactual e o segundo durante o processo de adição de qualidades generativas a um determinado projeto. Em primeiro lugar, devemos criar uma análise conceitual e arbitrária de como entendemos a obra, levantando assim o que consideramos elementos que fundamentam tal experiência. Em segundo plano, e já na fase inicial do design contrafactual, discriminaremos as variáveis que consideramos importantes na transmissão de significado.

Tendo as variáveis consideradas fundamentais para a criação da narrativa e experiência do jogo, devemos correlacioná-las com o intuito de compreender quais elementos se reforçam na construção da informação que o *game* quer passar. Dessa forma, para mudar o significado de uma cena, serão deslocados os elementos correlacionados para não haver um conflito de informações ou uma negação de um significado. Ao mesmo tempo, será possível a automatização dinâmica de todo o cenário de forma integrada.

Retomando o exemplo da cena da praia mencionada anteriormente, podemos discriminar uma série de variáveis. Teríamos a luminosidade, cor e aplicação de informações visuais congruentes com a proposta da cena. Na cena da praia em dia de sol, as variáveis estariam distribuídas da seguinte forma: cor = azul e amarelo; iluminação = luminosidade alta; e elementos de informações visuais = sem informações.

Estas variáveis estariam relacionadas com modificações no áudio apresentado. A cor poderia estar relacionada com uma modulação, como *chorus* ou *flanger*, dessa forma,

quanto maior for a representação de calor, maior seria o nível de modulação. A luminosidade poderia estar relacionada com um filtro de agudos e graves, quanto mais escuro, maior o corte dos agudos e vice-versa. E a adição de elementos visuais na tela poderia estar relacionada com a adição de sons representativos, como a imagem da chuva sendo seguida de sons das gotas caindo no chão.

Dessa forma, uma cena de chuva teria as seguintes distribuições de variáveis: (1) cor = diminuição das saturações das cores e sons sem modulações; (2) luminosidade = luminosidade baixa e ênfase nos sons graves; (3) elementos visuais = representação visual da chuva e sons das gotas caindo no chão. A partir da construção de estruturas integradas, é possível criar conexões entre as variáveis e atribuir probabilidade correlacional entre as ações possíveis em uma cena.

O design contrafactual pretende ser um sistema simples de criação composicional, integrando imagem, som e interatividade no contexto dos *videogames*. Tendo como foco principalmente a realidade dos desenvolvedores de *games* no Brasil, onde lutamos com as limitações estruturais e as equipes, em média, são pequenas e multifuncionais.

## 5.5 Gris (2018)

Gris é um jogo desenvolvido pela Nomada Studio e distribuído pela Devolver Digital no ano de 2018. O jogo conta a história de uma garota que está passando por momentos de profunda tristeza e se encontra em uma trajetória de superação com forte inspiração na teoria das fases do luto. Estruturado com mecânica de jogos de plataforma 2D, o jogo é concebido em pintura digital. A cena analisada está disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=nz4-3iLlLg>, entre o período de 14:52 até 21:59.

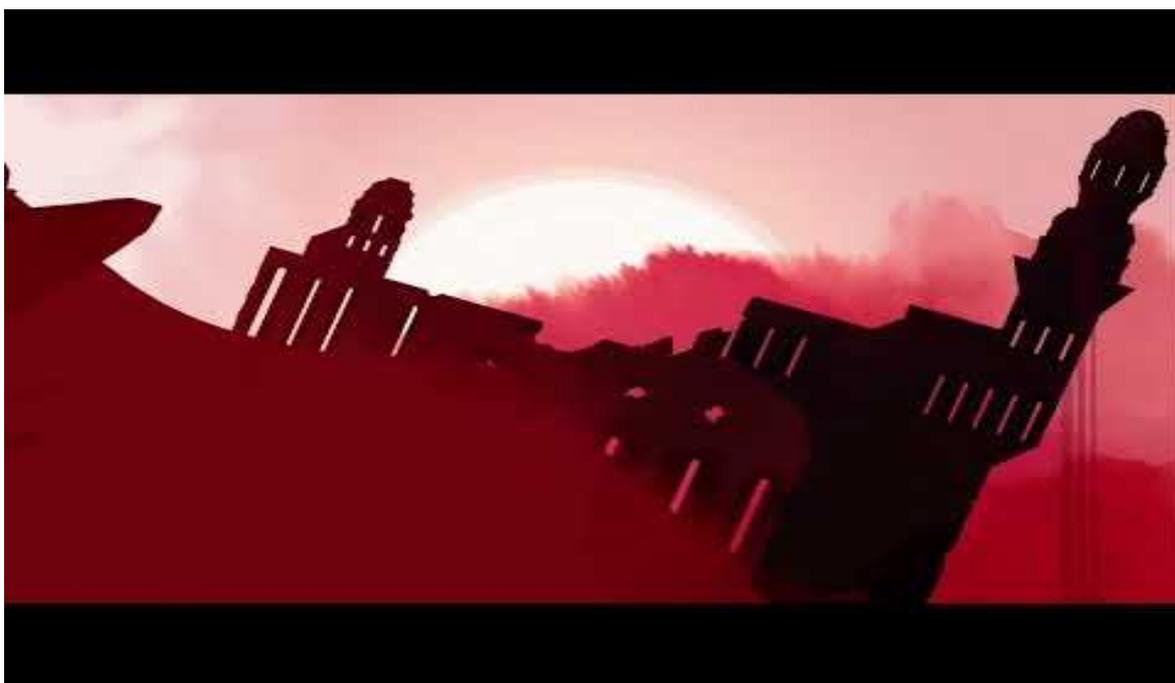


FIGURA 43: CAPTURA DE TELA DO JOGO GRIS (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

A cena abordada (representada na Figura 43) diz respeito ao momento de raiva da personagem, relativo à segunda fase do luto (narrativa). É retratada a partir de uma paleta de cor focada no vermelho (estética) e pelo enquadramento distante da personagem, tornando-a pequena em relação ao cenário apresentado (**mecânica**). Isso retrata sua

sensação de pequenez no momento vivido, uma técnica proveniente do cinema para representar impotência, vulnerabilidade e tristeza. A música que é apresentada inicialmente reforça o sentimento de tristeza, sentimento este que pode gerar raiva, e a cena aponta para uma narrativa que mostra o movimento entre esses dois sentimentos.

O vermelho, no contexto apresentado, possui uma correlação com a raiva, enquanto o enquadramento retratando a personagem pequena ilustra a sensação de se sentir pequeno e impotente quando somos assolados por uma tristeza profunda. Isso cria um contraste entre a tristeza (representada pelo enquadramento) e a raiva (representada pela cor). A música atua como o centro de uma narrativa que retrata o movimento entre a tristeza e a raiva na cena, reforçada pela mecânica que representa fortes ventos que empurra a personagem para trás e pela representação visual da tempestade de areia. Esse movimento então é concretizado na tela pelas aparições das tempestades de areia e o contraste entre de um músicas mais rápida e densa que se sobrepõe a música inicial neste momento (**direção e movimento**).

Portanto, a combinação do vermelho (raiva), do enquadramento visual (tristeza e impotência), da música (narrativa emocional) e das tempestades de areia (obstáculos mecânicos e simbólicos) constrói uma narrativa coesa que explora a dualidade e a interação entre a tristeza e a raiva. Essa sinergia entre os diferentes elementos narrativos e mecânicos do jogo proporciona uma experiência que pode ser entendida e interpretada individualmente por cada usuário.



FIGURA 44: CAPTURA DE TELA DO JOGO GRIS (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

Abordando as **relações causais reais**, podemos ressaltar os acionamentos de ações relacionadas às mecânicas do jogo. As músicas, por sua vez, possuem acionamento estrito e com relação de causa e efeito clara em referente ao posicionamento da personagem na cena. Porém, o acionamento das mecânicas da tempestade começa a ocorrer quando a personagem atinge um determinado local da cena, e a partir deste momento, são regidas por um intervalo de tempo programado no sistema, sobrepondo a música da tempestade em relação com a música que inicialmente representa o cenário (cena representada na Figura 44).

Essa síntese de **relações causais reais** proporciona, juntamente com a adesão à estética, a criação das **relações causais percebidas**. A personagem se move pelo cenário em um movimento que representa o caminhar, produzindo sons de passos e pulos. A tempestade empurra a personagem, impossibilitando-a de seguir em frente, e é sempre acompanhada de uma música que representa o perigo e a necessidade de a personagem se abrigar para não perder seu progresso no jogo. Essa congruência das ações percebidas gera um equilíbrio na jogabilidade e possibilita que a narrativa da cena flua satisfatoriamente.

### 5.5.1 Design de mudança (ou variabilidade)

A **primeira coisa que devemos fazer** para projetar um design que produza algo **contrafactual** é discriminar as variáveis que consideramos importantes na construção de significados da cena abordada.

Destacamos então que o enquadramento da cena apresentada tem o objetivo de gerar ênfase dramática a partir dos movimentos de aproximação e afastamento. Apontamos também que a cor contida no cenário aponta para uma correlação com o sentimento de raiva, possuindo variação de valor e luminosidade. Já a tempestade é a junção de uma representação visual somada à diminuição da luminosidade e à adição de preto no valor da cor vermelha. A troca de uma música com notas mais espaçadas para uma com movimentos mais rápidos ajuda a dar ênfase nas informações que a cena apresenta. Dessa forma, são criados dois estados na cena: segurança e perigo.

### 5.5.2 Variáveis

**Em segundo plano**, é necessário conectar as **variáveis** em função dos **significados** que a cena pretende transmitir, conforme representado abaixo:

1. **Cor** = vermelha (variação em relação ao valor da cor).
2. **Luminosidade** = luminosidade inicial alta (variação em sua intensidade).
3. **Música** = reforço dos estados equilíbrio da cena (variação em dois estados distintos).
4. **Efeitos sonoros** = Adição de sons que representam ações.
5. **Elementos visuais** = Com ou sem a representação da tempestade.

A variável cor é apresentada como vermelha logo no início da fase que representa a raiva, sendo possível criar esta conexão (vermelho = raiva). Portanto, mudar a cor do cenário seria também mudar uma característica da própria narrativa, que representa que a personagem estaria vivendo um momento de raiva. E uma música é apresentada como parte deste cenário.

Já a tempestade de areia pode ser entendida como a modificação das variáveis música, efeitos sonoros, luminosidade, efeitos visuais e cor. Estas mudanças impactam na narrativa, podendo trazer a percepção de que a personagem está vivendo um momento de cólera. Mas também pode ser entendida apenas como uma relação de criação de obstáculos em um jogo de plataforma. Nos dois casos, a mudança deliberada destas variáveis pode tanto criar outra experiência como quebrar a experiência proposta inicialmente pelo *game*.

Dessa forma podemos adotar que:

- a. **Narrativa da cena** = Transição entre um momento de tristeza e ataques de cólera.
- b. **Tristeza** = música (densidade baixa de notas e movimento) + cor (tons de vermelho) + luminosidade (alta).

- c. **Cólera** = Aumento da cor preta no valor da cor vermelha + luminosidade baixa + adesão da mecânica de empurrar para traz a personagem + adição da representação da tempestade.

Esse movimento das variáveis contido na cena apresenta um design contrafactual, onde poderíamos nos perguntar como seria se houvesse nesta cena uma tempestade de areia. A resposta seria a mudança das variáveis apresentadas. As variáveis podem se comportar de três formas distintas: (1) de forma gradual, representadas de forma numérica; (2) de forma booleana, variando entre falso e verdadeiro; (3) ou guardando uma série de caracteres que podem ser utilizados de várias maneiras, como uma string.

Sendo assim, em relação aos níveis relacionais de um áudio, teríamos:

1. **Relação causal real:** Acionamento das trilhas de áudio (músicas) em relação à localidade da personagem no cenário e mecânica de troca de músicas a partir de um intervalo de tempo predefinido.
2. **Relações associativas:** Representações visuais, sonoras e interativas criam uma experiência de se estar passando por uma crise colérica (raiva). O jogo cria uma correlação associativa com o conceito, proveniente da psicologia, das fases do luto, no caso retratado, a raiva.
3. **Relações causais percebidas:** A tempestade, simbolizando a raiva, impede a personagem de seguir em frente. O jogador deve gerir o tempo e alcançar as plataformas corretas para fazer a personagem superar suas dificuldades internas, simbolizadas nos obstáculos da cena.

Enquanto em uma perspectiva mais artística, teríamos:

- a. **Protagonismo e foco:** O foco do áudio da cena está em representar a tristeza e a raiva que a personagem está vivendo. É adicionada, enfatizando a presença da tempestade, a sobreposição de tons escuros por cima de um cenário predominantemente vermelho, juntamente com duas músicas que reforçam esses contrastes.
- b. **Equilíbrio:** A cena procura retratar um desequilíbrio vivido pela personagem. Porém, atinge o equilíbrio tornando a fase estável em um nível que o jogador consiga entender sua lógica de jogabilidade, ao mesmo tempo que passa sua mensagem subjetiva de descontrole.

- c. **Direcionalidade:** Uma música remete ao cenário livre para ser transitado, enquanto a tempestade (perigo) é representada por um contraste sonoro que indica que o jogador deve realizar a ação de se proteger do perigo.

## 5.6 Life is Strange (2015)

Life is Strange é um jogo desenvolvido pela DONTNOD e distribuído pela *Square Enix*, lançado inicialmente em 2015. Este é um jogo em tecnologia 3D e jogabilidade em terceira pessoa. A experiência tem o foco na história que é contada no *game*, onde o jogador toma decisões que afetam todo o desenrolar da narrativa. A cena analisada está disponível no seguinte link: <https://www.youtube.com/watch?v=RqEIlkoHaE8>.





FIGURA 45: CAPTURA DE TELA DO JOGO LIFE IS STRANGE (FONTE: CAPTURADO DA VERSÃO PRESENTE NA PLATAFORMA STEAM).

Em Life is Strange (representado na Figura 45), acompanhamos a jovem Max, uma estudante de fotografia que descobre que tem a capacidade de voltar no tempo e impedir ações iminentes de ocorrerem. O foco neste projeto de áudio está na interpretação e no tratamento da voz com o ambiente, muito próximo de uma experiência cinematográfica focada na narrativa. Dessa forma, o caráter interativo nos coloca no meio dos diálogos, garantindo também que nossas ações impactem no decorrer da narrativa.

Na cena apresentada, podemos observar diálogos e ações acontecendo. Estes diálogos são importantes para o progresso da narrativa e o jogador deve prestar atenção neles. Porém, é possível realizar ações que se integram à cena, mudando o track de áudio apresentado para o jogador. É possível variar o foco entre o ambiente externo, com o diálogo protagonizado pelo professor da Max, ou um ambiente que chamaremos de interno, direcionando para a voz na cabeça da Max. Por meio de uma **mecânica**, o **protagonismo** do áudio muda e percebemos a cena de forma diferente.

A relação entre a possibilidade de mudar o foco do áudio entre a voz na cabeça de Max e os diálogos que estão acontecendo no momento, juntamente com um design dos efeitos sonoros que reforçam o ambiente onde ocorre a narrativa, somado ao acionamento de pequenos trechos musicais que enfatizam as informações contidas nos diálogos, culmina em uma relação razoavelmente mutável da representação da paisagem sonora construída. Isso garante um ambiente que dá a impressão de estar vivo apenas com mecânicas de reconfiguração das faixas de áudio.

Outra coisa interessante é que todos os elementos presentes na cena reforçam o protagonismo da voz. A voz, por sua vez, possui a direcionalidade do seu emissor no ambiente virtual, seguida pelos sons dos objetos do cenário retratado, e o equilíbrio é enfatizado pelos trechos de áudio que reforçam o diálogo, positiva e negativamente. Dessa forma, é possível criar uma relação causal percebida que constrói a cena de forma congruente e entendível para o jogador.

Em uma possível contrafactualidade, poderíamos imaginar uma maior possibilidade de diálogos e nuances de vozes implementadas no sistema. Uma resposta dos trechos musicais poderia ser mais diversa e com mais variabilidade. Entretanto, mais uma vez, poderíamos perder o foco da narrativa central e diminuir a experiência positiva do usuário.

1. **Relação causal real:** Aplicação de mecânicas de transição e mudança de foco do áudio.
2. **Relações associativas:** Proximidade com a experiência de estar em um filme de gênero drama. A estética musical apresenta um direcionamento referencial com os gêneros musicais folk e indie estadunidense.
3. **Relações causais percebidas:** Vozes com direcionalidade do seu emissor. Congruência na paisagem sonora do ambiente.
  - a. **Protagonismo e foco:** O foco do projeto de áudio está na voz e na representação do ambiente, porém, são utilizados track de musicas folk ou indie para gerar mais profundidade na construção da personagem Max.
  - b. **Equilíbrio:** O equilíbrio da cena é modulado principalmente na interpretação dos diálogos por parte dos dubladores, gravados previamente, na construção da paisagem sonora do ambiente e na inserção de trilhas de áudio que enfatizem o humor gerado na cena.
  - c. **Direcionalidade:** Grande importância na construção de um áudio que remeta ao seu emissor.

## 5.7 Final Fantasy VI (1994)

Final Fantasy VI é um jogo digital desenvolvido pela Square para o console Super Nintendo, lançado no ano de 1994. Possui tecnologia gráfica em pixel art e música no gênero *chiptune*. É um dos principais jogos que consolidaram o gênero RPG em jogos digitais. O jogo contou com concept art de Yoshitaka Amano e música de Nobuo Uematsu, dois grandes colaboradores para a era de 16 bits dos *games*.

A cena abordada retrata o momento em que a personagem Terra acorda e descobre que estava sendo controlada mentalmente pelo império. O vídeo da cena está disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=GE1vFiUMRWU> a partir do minuto 02:27.



Em 1994, ainda não existia uma tecnologia eficaz na implementação de áudios gravados em estúdio para os consoles disponíveis na época. Dessa forma, era necessário bolar maneiras criativas de se contar uma história. Sendo RPG um gênero que se fundamenta em desenvolver uma narrativa forte a partir de seus diálogos e a possuir elementos de estratégia na sua mecânica. E como ressaltamos, dadas as limitações, não seria possível implementar diálogos gravados. O jogo faz uso de *leitmotiv* para gerar arcos emocionais enquanto a narrativa é apresentada em formato de texto.

Neste projeto, é possível observar a tecnologia mediando todas as esferas de decisões artísticas do jogo. As relações causais reais são mais simples que as dos projetos atuais, não tendo grande variedade de ações e necessidade de respostas complexas do sistema. O personagem anda pelo cenário e interage com objetos e personagens controlados pelo sistema do *game*, mas, reforçando, sem um desenho sonoro complexo do ambiente.

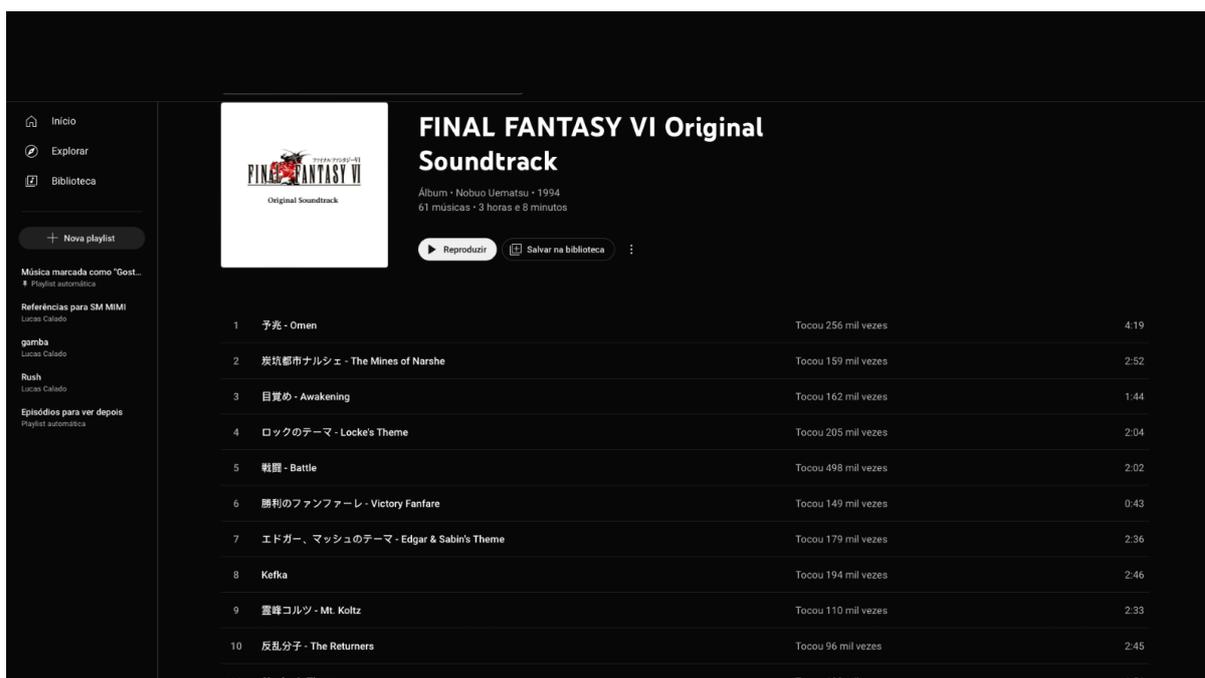


FIGURA 46: CAPTURA DE TELA DA PÁGINA DO ÁLBUM COM A TRILHA SONORA DO JOGO FINAL FANTASY VI (FONTE: YOUTUBE MUSIC).

Quem desenha tanto os ambientes, os arcos emocionais e a apresentação dos personagens são as músicas. Na Figura 46, é possível ver o álbum no *YouTube Music* da trilha sonora original do Final Fantasy VI. No disco, as músicas têm nomes de suas respectivas ações, locais ou personagens.

Dessa forma, o protagonismo, que retrata uma narrativa apresentada por um personagem, uma ação ou um local, é retratado em texto e reforçado com seu tema musical. É criado, então, um movimento através da música, construindo o caráter emocional da narrativa. Técnica desenvolvida para compensar o caráter estático da mídia interativa da época e que, hoje em dia, virou uma estética retrô, com vários jogos replicando esta forma de contar histórias.

É possível traçar uma **correlação associativa** entre a técnica de construção das cenas de Final Fantasy VI com as técnicas de construção de cenas presentes nos filmes das décadas de 1990, onde as ações e arcos narrativos são representados por músicas. O tema musical "*Awakening*" reforça introspecção e reflexão, contraposto na cena pelo tema do personagem Locke ("*Locke's Theme*"), que apresenta um caráter grandioso, retratando um personagem que é um caçador de tesouros. Isto em um contexto em que as músicas são a principal representação sonora da cena em comparação com os projetos atuais.

## 5.8 Considerações sobre o capítulo

No presente capítulo, propomos uma estrutura de investigação e planejamento de músicas com qualidades generativas, fundamentada nos conceitos de análise pictórica de imagens propostos por Rudolf Arnheim (1980) e nos conceitos de inferência causal apresentados por Judea Pearl (2018). Essa abordagem busca traçar um paralelo entre os campos da psicologia e da estatística aplicada à computação. A partir desse paralelo, emerge uma estrutura tecnológica voltada para otimizar o planejamento e a análise de métodos generativos para *games*, em uma abordagem integrada entre algoritmos, *game art* e interatividade.

De um lado, buscamos compreender os elementos artísticos percebidos pelo usuário (jogador) no *game*, propondo, a partir dos conceitos de Arnheim (1980), a ideia de inferir qualitativamente o equilíbrio da obra, seu movimento (ou direcionalidade) e o protagonismo dos elementos apresentados em um *gameplay*. Por outro lado, estruturamos o jogo em três níveis de interação: causalidade real, associativa e percebida.

Entendemos que as propostas de frameworks (ou modelos visuais) inerentes à área do *game design* são muito úteis no processo de trabalho em equipes com diferentes níveis de formação. Porém, agregar conceitos provenientes da estatística a ideias que auxiliem na compreensão do universo da análise artística pode contribuir para automatizar o processo de criação de um *game* por meio de métodos generativos, sem perder o objetivo essencial dos jogos digitais: gerar imersão e proporcionar uma experiência satisfatória ao usuário.

Seguindo esse raciocínio, apresentamos três análises de jogos, nas quais exploramos as possibilidades de um design contrafactual (ou design de variabilidade, como apresentado no texto), propondo modificações por meio de métodos generativos em três títulos de jogos digitais já consolidados no mercado. Nesse processo, foi possível compreender que, diferentemente da arte generativa, onde o imprevisível é parte esperada do processo, um *game* não pode comprometer sua experiência fundamental ao criar variabilidade demasiada em seu conteúdo.

## Capítulo 6 - Processo de prototipagem

Nos capítulos anteriores, apresentamos uma série de informações com o intuito de direcionar o leitor a elaborar uma percepção transversal de uma música criada e adaptada para *videogame*. Assim, construímos a ideia de que o áudio implementado em um *game* pode ser entendido a partir de uma estrutura que discrimina suas funcionalidades e interações em três dimensões, conforme apresentado anteriormente. Levantamos, portanto, uma breve hipótese emergente: analisar e tirar conclusões sobre um áudio implementado em um jogo digital considerando apenas um grupo restrito de parâmetros pode levar a conclusões limitadas, não capturando adequadamente as características que emergem da interação entre o jogo e o jogador.

Dessa forma surge a premissa de que, para entender de forma mais assertiva possível as interações emergentes entre o usuário, o ambiente virtual e o áudio implementados no sistema de um jogo digital, idealizamos e construímos dois protótipos de média fidelidade que representam essa realidade interativa. Esse empreendimento permitirá a descrição e coleta de dados sobre como o sistema se comporta durante seu funcionamento, como se deu o processo de criação dos artefatos artísticos e, por fim, como pode ser gerada uma percepção de equilíbrio dentro da interação entre jogador e jogo digital. A criação de protótipos de média fidelidade torna-se, então, fundamental para observar o processo de criação de forma integrada e com o mínimo de vieses possível, permitindo o desenvolvimento de análises relevantes sobre o tema da música com qualidades generativas implementada em *videogames*.

### 6.1 Protótipo 1

Neste primeiro protótipo, empreendemos a criação e implementação de um sistema musical que permita discutir as dimensões e qualidades do áudio em relação às causalidades reais, associativas e percebidas em uma análise integrada entre algoritmos implementados, *game art*, áudio (incluindo música) e *game design*. Foram então criadas a *game art* e implementadas em um ambiente virtual utilizando a *engine Game Maker Studio 2*, fazendo o uso sua linguagem de programação nativa, a GML. Por fim, foi desenvolvida uma breve simulação de jogabilidade para representar o elemento motivador que leva o jogador a se mover pelo cenário, criando um movimento na obra como um todo.

Descreveremos em seguida o protótipo a partir da utilização livre do protocolo de tomada de decisões apresentado no Capítulo 4. O protocolo pode ser utilizado como um modelo de tomada de decisões ou, como apresentado aqui, um modelo de documentação

de áudio para *videogame*, podendo ser usado integralmente ou parcialmente, a critério dos desenvolvedores. Dessa forma, descreveremos nosso processo de prototipagem juntamente com os experimentos empreendidos da forma mais clara possível.

## **6.2 Processo inicial de tomada de decisões**

A partir da construção do presente protótipo, apresentamos um espaço virtual que represente de forma reproduzível e escalonável interações sonoras entre o usuário e um ambiente similar ao de um jogo digital em 2D. O foco, portanto, é criar artisticamente a representação de uma amplitude sonora responsiva à interação do jogador. Tal aplicação já é amplamente entendida e explorada em jogos de vários níveis de complexidade na atualidade. Porém, evidenciar o processo de criação de um cenário com essas particularidades pode elucidar questões pertinentes, como, por exemplo: onde e como surgem as qualidades algorítmicas, procedurais e generativas em um áudio implementado em um *game*.

### **6.2.1 Estabelecendo as relações**

O protótipo em questão pretende apresentar um ambiente virtual em 2D que represente um espaço visual e sonoro. Objetivando criar uma experiência sonora que evoque uma noção de espaço e tempo, onde, dependendo da localização do jogador no cenário apresentado, a paisagem sonora mudará em relação à representação de amplitude sonora. Essa amplitude se dará na redução do volume de uma determinada faixa de áudio, em uma relação em que quanto maior a distância do jogador do objeto (que representa o gerador do som), menor será seu volume.

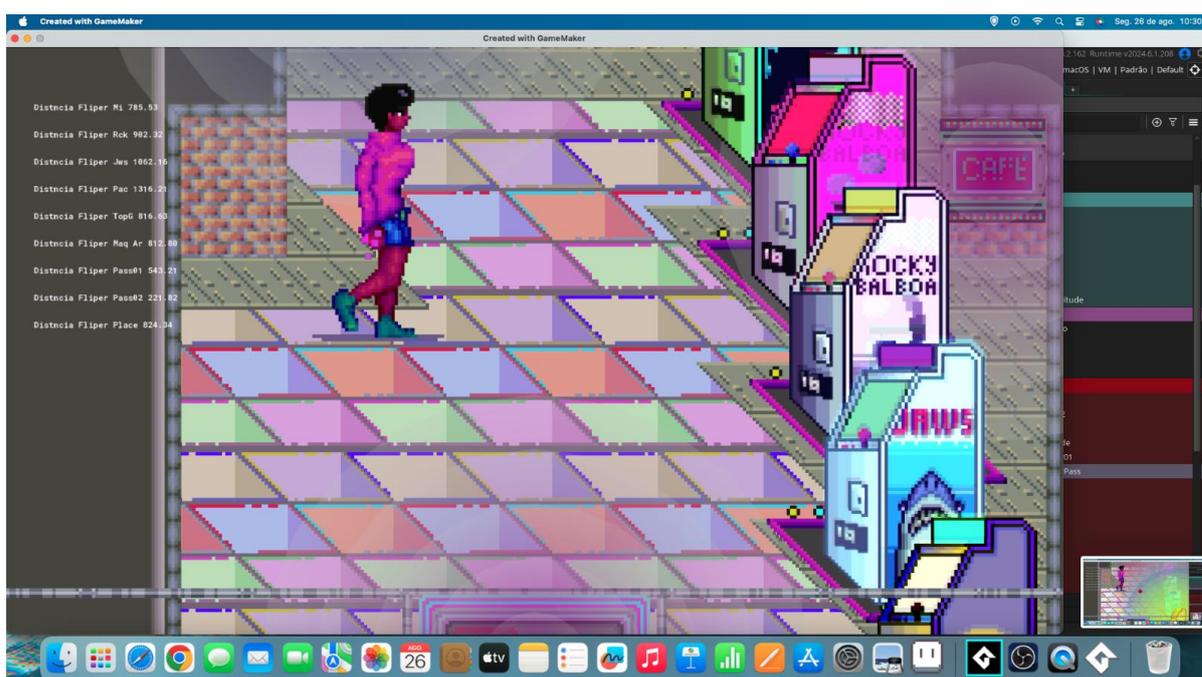


FIGURA 47: CAPTURA DE TELA DO PROTÓTIPO 1 (FONTE: CONFECCÃO PRÓPRIA).

Do ponto de vista da causalidade real, referindo-nos à criação do sistema, programamos um espaço virtual de 1920x2160 pixels e um enquadramento apresentado ao usuário de 1920x1080 pixels. Este enquadramento funciona como uma câmera que acompanha a nossa personagem, centralizando-a na cena. Seguindo características de jogos clássicos do tipo *beat 'em up*, o objeto controlado pelo jogador trará uma mecânica de movimentação contínua em todas as direções, utilizando funções básicas de movimento para jogo 2D, como apresentado na Figura 47.

Quanto ao termo "objeto", referimo-nos ao conceito de objeto na programação, que se refere a um elemento computacional que exerce funções mediadas por algoritmos. No nosso caso específico, o objeto representa uma entidade pertencente tanto ao problema computacional criado quanto aos problemas artísticos e de design intrínsecos a um *videogame*. Portanto, essa entidade agirá de forma transversal, possuindo algoritmos que interagirão com outros objetos e poderá ter representação visual (ou não). Dessa forma, os objetos atuam transversalmente entre algoritmos, *game art* e *design*, mediando toda a jogabilidade do *game*.

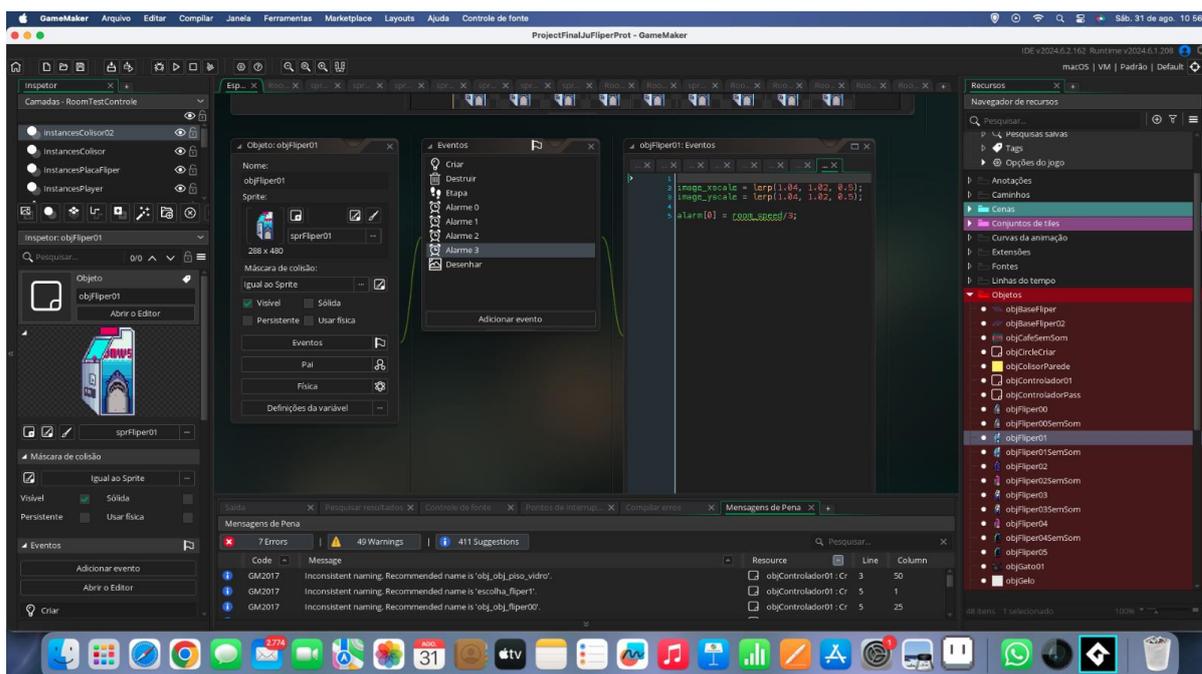


FIGURA 48: CAPTURA DE TELA DA REPRESENTAÇÃO DO OBJETO OBJFLIPER01 NO SOFTWARE GAMEMAKER STUDIO 2.

A Figura 48 mostra o objeto objFliper01 e suas funcionalidades no sistema. Este objeto abriga diretrizes para a execução do áudio juntamente com a mecânica que simula a amplitude sonora no espaço de jogo, tudo isso por meio de uma interpretação matemática e estrita, implementada via algoritmos. É também o objeto computacional no qual implementamos uma imagem que representará a função deste objeto na experiência proposta. Na Figura 49, podemos ver uma representação visual da imagem em *pixel art* que é atrelada ao objeto, representando um fliperama que faz referência ao filme Tubarão (Jaws, 1975), já evocando as relações associativas que emergem ao entrarmos em contato com a obra.

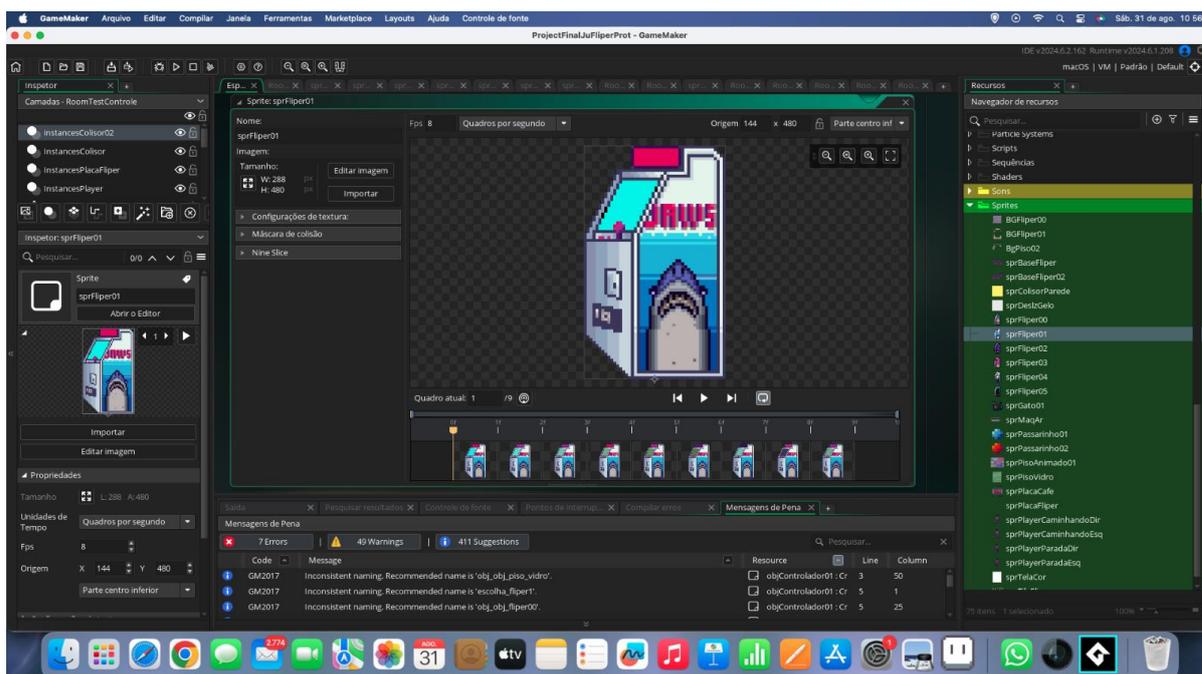


FIGURA 49: CAPTURA DE TELA DA REPRESENTAÇÃO DO SPRITE SPRFLIPER01 NO SOFTWARE GAMEMAKER STUDIO 2.

## 6.2.2 Comportamento sonoro do protótipo

O conceito geral do áudio implementado é que o jogador sinta que está em um lugar barulhento, no nosso caso apresentado, um fliperama. Contudo, ele deve perceber também que os sons que compõem a paisagem sonora são provenientes de emissores sonoros espalhados pelo cenário. Como resultado, o áudio mudará de acordo com a movimentação e localização do objeto controlado pelo jogador. O objetivo é construir um ambiente sonoro com características generativas que emergem diretamente da interação do usuário com o ambiente virtual.

Em relação a uma causalidade real, os áudios e músicas são executados como eventos atribuídos aos objetos computacionais, sendo que o resultado final é o conjunto de várias funções programadas via algoritmos. Em uma causalidade associativa, o objetivo é a representação de um cenário com referências criativas da cultura pop dos anos 1980, incluindo referências ao cinema e *videogames* dessa época. Já na causalidade percebida, é importante que o usuário note uma congruência no ambiente, como algo que responde às suas ações; neste caso, que o som se adapte à sua movimentação no cenário apresentado.

Para compor tal cenário, foram criados cinco objetos que representam os fliperamas, cada um com uma composição visual distinta e um áudio congruente com o conceito atribuído por nós a tal objeto. Outros três objetos contribuem para a paisagem sonora de forma mais estática ou passiva, gerando uma espécie de pano de fundo no cenário. São eles: duas placas e uma saída de ar. Como complemento, implementamos

ainda sons de passos na personagem principal e sons em dois objetos coletáveis que serão utilizados em um dos experimentos com o protótipo.

### **6.2.3 Contexto tecnológico do *game***

Para a criação do protótipo, foram utilizados principalmente três *softwares*: um para música, um para criação das artes visuais, incluindo as animações, e uma *engine* para toda a parte de renderização e programação. Para a arte visual, foi utilizado o *Aseprite*, *software* específico para a criação de *pixel art*. A música foi criada e mixada no *Zembeats*, *software* da empresa Roland voltado para a criação de música eletrônica. Já a renderização e programação foram desenvolvidas no *Game Maker Studio 2*, *software* focado em jogos 2D.

O protótipo foi elaborado nos moldes de um protótipo de média fidelidade, ou seja, as funcionalidades devem ser escalonáveis para um projeto final, embora tenham sido criadas e implementadas de forma simplificada. Optou-se por um contexto visual em 2D e em *pixel art*, bem como uma música criada em arquivo MIDI com características de *chiptune*. Dessa forma, o protótipo torna-se viável para ser desenvolvido por um único desenvolvedor em um tempo reduzido, com uma média de construção de três meses. De qualquer forma, o contexto tecnológico atual facilita e torna possível a produção de protótipos rápidos que representem com bastante confiabilidade uma realidade técnica.

### **6.2.4 Métodos utilizados**

Para a construção do sistema de áudio, foi utilizada principalmente uma função nativa do *Game Maker Studio 2*, função esta que é relacionada à criação de um emissor de som em uma cena (*audio\_emitter\_create*). Foi então implementado que o som teria uma amplitude (no espaço virtual) de 1000 *pixels* na circunferência do objeto ao qual foi atrelada a determinada faixa de áudio. Onde, na distância de 0 *pixels*, o volume do áudio seria de 100%, decaindo 1% a cada 10 *pixels* de distância.

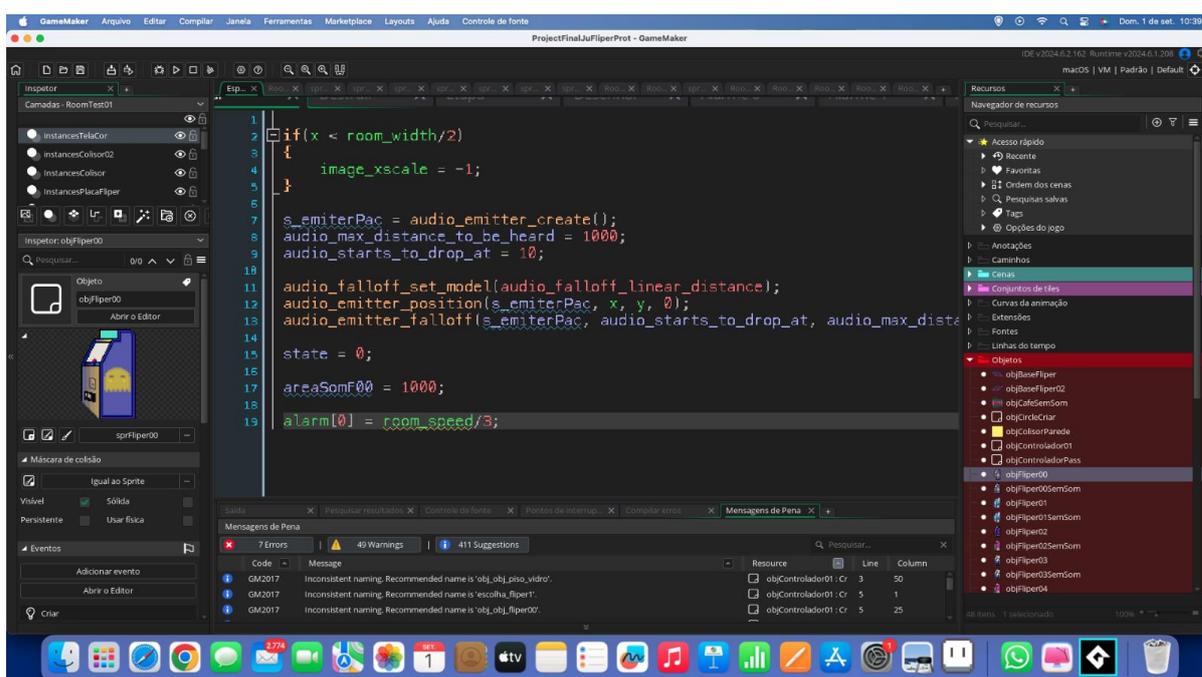


FIGURA 50: CAPTURA DE TELA DA REPRESENTAÇÃO DA CRIAÇÃO DO OBJETO EMISSOR DE SOM NO SOFTWARE GAMEMAKER STUDIO 2.

Na Figura 50, é possível ver a função de criação do emissor de som sendo atrelada ao objeto objFliper00. O objeto emissor de som executa a função de tocar o áudio em que foi configurado, levando em consideração a posição do objeto controlado pelo jogador (representado na Figura 51). Por sua vez, o objeto do jogador possui diretrizes para criar uma orientação do som, simulando uma percepção de espacialidade na cena.

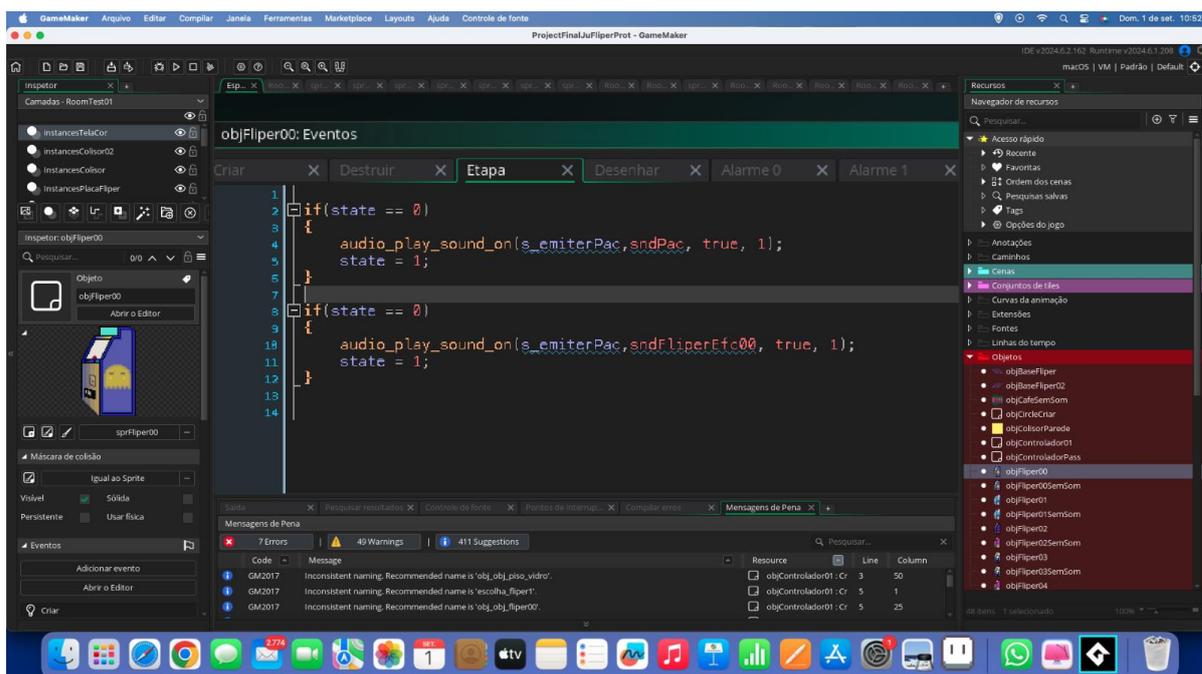


FIGURA 51: CAPTURA DE TELA DA REPRESENTAÇÃO DA CRIAÇÃO DO OBJETO EMISSOR DE SOM NO SOFTWARE GAMEMAKER STUDIO 2.

## 6.2.5 Tratamento dos proto-artefatos

O sistema não gerará artefatos ou proto-artefatos que possam ser armazenados no sistema. A função do sistema de áudio é mixar várias faixas de áudio apenas em relação ao parâmetro de volume e realizar as modificações necessárias, reconfigurando-as conforme a posição do objeto controlado pelo jogador. Isso gerará uma experiência generativa com a finalidade de evocar uma noção de temporalidade e espacialidade.

## 6.2.6 Composição do conteúdo musical

Para o experimento, foram compostas cinco músicas distintas, além de outras dez faixas de áudio com características de efeitos sonoros representando sons do ambiente. Os fliperamas possuem temas que evocam referências de filmes clássicos dos anos 1980 e 1990, ou de jogos famosos da mesma época. Os áudios foram recriados com influência da estética *chiptune*.

Para a criação musical, foram utilizados os seguintes temas populares da cultura pop:

1. **Tema do filme Missão Impossível (1966)** – série de televisão que mais tarde deu origem à franquia cinematográfica estrelada por Tom Cruise.
2. **Tema do filme Tubarão (1975)** – clássico do cinema dirigido por Steven Spielberg, famoso pela trilha sonora composta por John Williams.

3. **Tema do jogo Pac-Man** (1980) – icônico jogo de arcade desenvolvido pela Namco, que se tornou um marco na história dos *videogames*.
4. **Tema do jogo Top Gear** (1992) – jogo de corrida desenvolvido pela *Gremlin Graphics* para o *Super Nintendo*, conhecido por sua trilha sonora marcante.

Além disso, foram criados mais dez áudios com sons referentes ao ambiente:

- a. **4 sons de efeitos** provenientes dos fliperamas
- b. **Som de fiação** elétrica
- c. **Som dos passos** da personagem
- d. **2 sons referentes** aos objetos coletáveis
- e. **Som da saída de ar**
- f. **Som da colisão do objeto** do jogador com os objetos coletáveis

### 6.2.7 Relação entre música e cenário pela perspectiva da programação

Basicamente, a música do jogo será criada a partir da simultaneidade dos áudios que são executados como parte da representação dos objetos dispostos no cenário. O foco da representação sonora está no objeto controlado pelo jogador, representando assim a síntese sonora respectiva a um determinado local do espaço de interação do espaço virtual em que ele se encontre. Dessa forma, cada localização no cenário gerará uma síntese particular do conjunto de áudios que foram implementados em cada objeto, compondo assim um sistema maior com qualidades generativas (entende-se síntese sonora, no contexto desta pesquisa, o áudio resultante das ações do usuário em relação a localidade do objeto controlado pelo jogador, no espaço virtual, em relação ao tempo de *gameplay*).

Para que isso aconteça, foi criado um sistema sonoro que utiliza emissores de som — os objetos dispostos no cenário que representam aparelhos ou personagens que emitem som — e um receptor, o personagem controlado pelo jogador. Também foi criado um desenho dessa finitude do som dentro do cenário proposto, que representa uma amplitude sonora da faixa de áudio em relação à distância entre o receptor e o emissor do som. Assim, o jogador vivenciará sempre uma experiência que possui similaridade em relação ao todo, mas com parâmetros de volume das faixas sempre diferentes.

## 6.3 Estabelecimento dos parâmetros

### 6.3.1 Narrativa do jogo e contribuição da música

A música deve influenciar duas qualidades percebidas pelo usuário:

1. **Criação de Nostalgia:** A influência da cultura pop, impressa nas decisões artísticas do produto, visa criar um sentimento de nostalgia. Isso é alcançado através das referências aos filmes e jogos clássicos dos anos 1980 e 1990.
2. **Noção de Causa e Efeito:** A percepção de uma relação de causa e efeito dentro da cena é crucial, para o propósito do presente projeto. Ao se aproximar dos emissores de som, o volume fica mais alto e intenso, conferindo maior protagonismo à construção da cena. Essa interação é fundamental para criar os experimentos propostos nesta pesquisa.

O balanceamento do sistema de áudio integrado com as interfaces visuais e sonoras se torna então parte intrínseca e essencial do processo de criação.

### 6.3.2 Reatividade da música às ações do jogador

A música implementada pode ser descrita, de certa forma, como linear se considerarmos cada faixa separadamente que foi carregada no sistema. No entanto, várias faixas compõem a cena, sendo todas tocadas simultaneamente. O volume de cada faixa é regulado pela distância em pixels do objeto do jogador. Como resultado, observamos que, dependendo da movimentação do usuário e da disposição dos objetos na cena, o resultado sonoro será sempre diferente.

No *Game Maker Studio 2*, e em outras *engines* também, são feitos mapeamentos tanto no espaço virtual quanto dos dispositivos de entrada de dados a uma taxa de 60 vezes por segundo. Podemos então optar por tipos de eventos que lidam de forma diferente com a execução das funções programadas. Seguindo esse conceito, o *Game Maker* possui dois tipos importantes de eventos: Criar e Etapa. O evento Criar executa as ações cabíveis apenas no início da criação da cena, enquanto o evento Etapa é executado, como mencionado anteriormente, 60 vezes por segundo.

Sendo assim, o resultado final do áudio do nosso sistema é o conjunto de várias partes executadas pelo sistema:

1. **Criação dos emissores** de som
2. **Execução** dos áudios
3. **Mapeamento contínuo da distância** entre os objetos emissores de som e o objeto do jogador

Portanto, 60 vezes por segundo, o computador analisa o espaço virtual programado, verifica o sinal dos dispositivos de entrada de dados (como teclado e joysticks) e realiza as alterações necessárias nos dispositivos de saída (monitores e caixas de som).

### 6.3.3 Parâmetros e coerência musical

Neste projeto em particular, a coerência musical está na relação entre a música e a imagem em prol do equilíbrio da cena. A criação de uma sensação de movimento, visualmente percebido, é reforçada pela mudança de parâmetros (neste caso, volume) dos áudios em tempo real. Ou seja, o áudio, sempre em mudança, reforça o movimento que é produzido pelo jogador.

Para estabelecer uma conexão entre os fliperamas que estão emitindo som e a música que comporá o ambiente, optamos por temas nostálgicos e relevantes para cultura pop, algo que facilita a correlação entre a música e a representação visual contida nos fliperamas. Além disso, o processo de composição, com arranjos claros e o balanceamento da proporção de modificação do som em tempo real, se torna parte da própria composição. Dessa forma, a trilha sonora do *game* não é composta por cada música implementada individualmente, mas sim pela síntese momentânea de modificações dos parâmetros sonoros de todos os áudios tocados na cena em relação às ações do jogador.

### 6.3.4 Processo composicional e implementação

O processo composicional das músicas buscou simplicidade ao trabalhar com faixas de áudio relativamente curtas, possuindo, em média, entre 15 segundos e um minuto e meio conteúdo musical, planejados para serem executados em loop. As músicas são arranjos simplificados de composições originalmente criadas ou utilizadas em filmes e *videogames* clássicos. Como o objetivo dessas escolhas era evocar nostalgia no usuário, foram utilizadas principalmente as partes mais conhecidas dessas músicas, enfatizando os refrões e versos.

A música foi construída na DAW *Zembeats*, sem gravação de performance humana. O processo foi todo realizado em VST e produzido em arquivo MIDI, sendo posteriormente feita uma mixagem simples nos áudios criados. O processo teve como foco a agilidade na criação do protótipo, sem negligenciar a importância de uma camada musical na análise final do protótipo.

### 6.3.5 Objetivo final da trilha e contribuição para a imersão

Como a música foi planejada para um protótipo com a finalidade de contribuir para a presente pesquisa acadêmica, consideramos dois objetivos principais no processo de criação:

**Servir como exemplo para discutir o processo de criação de trilhas sonoras** com qualidades generativas para *videogames*, levando em consideração os três níveis de causalidades propostos neste trabalho.

Evidenciar em que ponto, ou como, **emergem as características generativas de uma música criada e adaptada para *videogames***.

#### 6.4 Aplicação experimental

Nesta seção do presente capítulo, propomos a descrição de dois experimentos utilizando o protótipo descrito anteriormente. O primeiro experimento pretende evidenciar as características generativas do sistema de áudio criado a partir de uma análise comparativa dos volumes de cada faixa de áudio implementada no sistema. Enquanto o segundo experimento apresenta essa mesma diferença por meio de representações visuais.

Os procedimentos apresentados foram gravados em vídeo via captura de tela (com o *software* OBS) e disponibilizados no *YouTube* como vídeos não listados. Esses vídeos servem como dados e estão à disposição para análises posteriores via links disponibilizados no corpo do presente texto. Abaixo seguem os vídeos de controle:

1. [Primeiro vídeo](#): Mostra todos os áudios sendo executados simultaneamente e sem a mecânica de amplitude do som.
2. [Segundo vídeo](#): Demonstra o teste da mecânica que simula a amplitude do som no ambiente virtual.

Foram adotados, para os dois experimentos que descreveremos a seguir, o procedimento de análise da recorrência e espacialidade descrito no Capítulo 3 da presente dissertação. Esse procedimento ajudará a evidenciar o nível de dinamismo que o áudio abordado apresenta, bem como discutir à luz das estruturas analíticas criadas nos Capítulos 4 e 5. Dessa forma, pretendemos mostrar que, para compreender melhor as características de um áudio criado e adaptado para *videogame*, é interessante adotar uma metodologia que abarque transversalmente toda a multidisciplinaridade envolvida no jogo em questão.

#### 6.5 Procedimento metodológico do experimento número 1

Para o primeiro experimento, adotamos a premissa de que, se os objetos na cena emitem som e o volume dessas faixas de áudio é alterado mediante a localização do jogador no espaço virtual do jogo, então o áudio mudará sempre que o jogador se mover, gerando assim uma síntese das faixas acionadas de forma diferente. Portanto, emergiria uma característica generativa no áudio abordado.

Pretendemos então, averiguar como essas mudanças ocorrem nas três dimensões de causalidade por nós evidenciadas, ou seja, como ocorrem tais mudanças em um nível de causalidade real, percebida e associativa. Além disso, buscamos entender se a



Na Figura 52, é possível observar, no canto esquerdo, o medidor que mostra a relação entre as distâncias de cada objeto em relação ao objeto do jogador. Para gerar uma motivação para que o jogador se movimentasse pelo cenário — dado que um jogo digital normalmente possui uma estrutura que favorece a exploração — foram criados dois objetos coletáveis que aparecem de forma aleatória. Considerando que, no caso apresentado, a movimentação e o protagonismo do usuário são variáveis críticas na criação da paisagem sonora, entendemos que ignorar sua participação seria um erro.

## 6.6 Apresentação dos dados e discussão

Como ponto de partida, iniciamos nossa análise com duas representações visuais dos dados coletados do *gameplay* número 1. O Gráfico 7 representa, em colunas agrupadas, a distância de todos os objetos em cena em relação ao objeto controlado pelo jogador. Já no Gráfico 8, é possível observar os mesmos dados sendo representados por linhas.

GRÁFICO 7: REPRESENTAÇÃO VISUAL DA DISTÂNCIA EM *PIXEL* ENTRE O OBJETO CONTROLADO PELO JOGADOR E O OBJETO EMISSOR DO SOM (NA VERTICAL) EM RELAÇÃO AO TEMPO DO *GAMEPLAY* (NA HORIZONTAL).

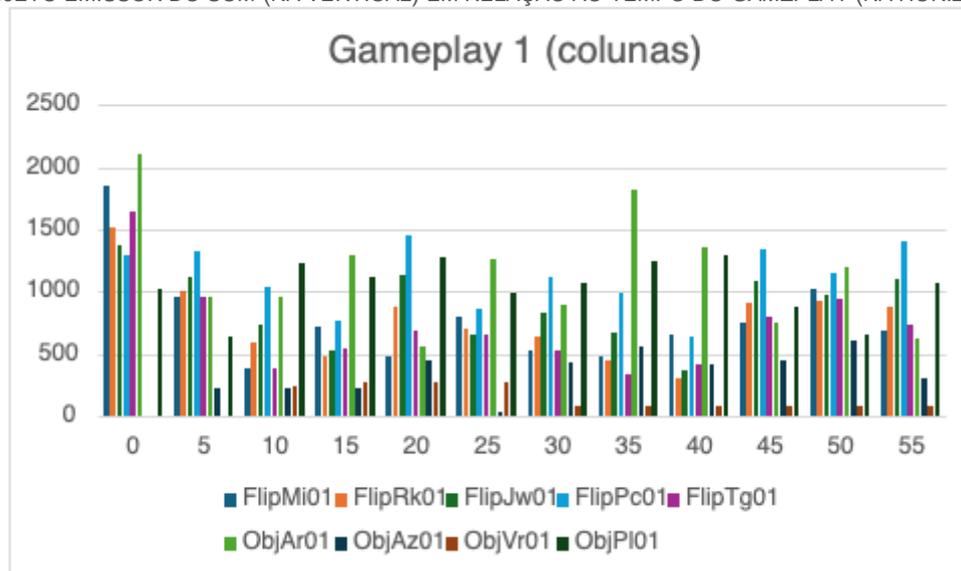
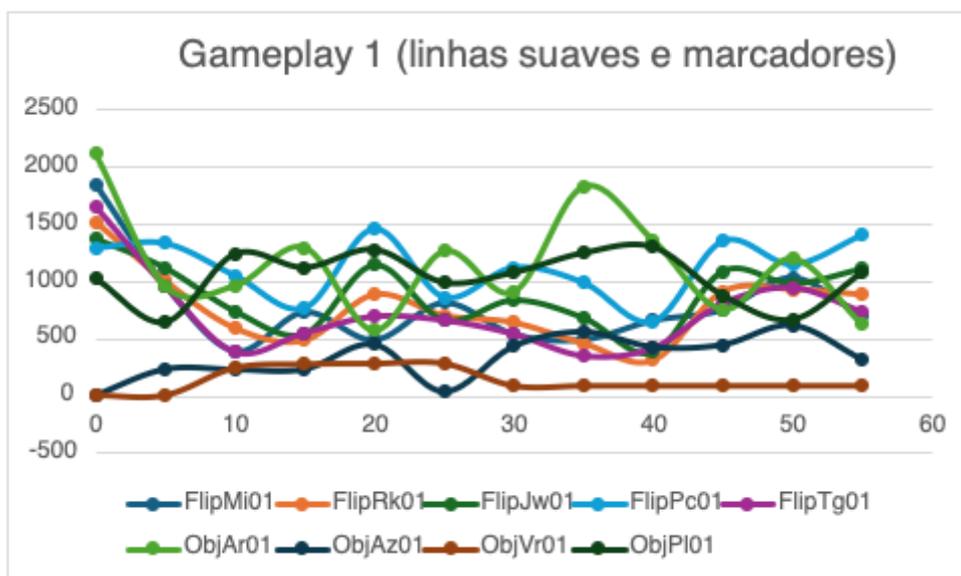
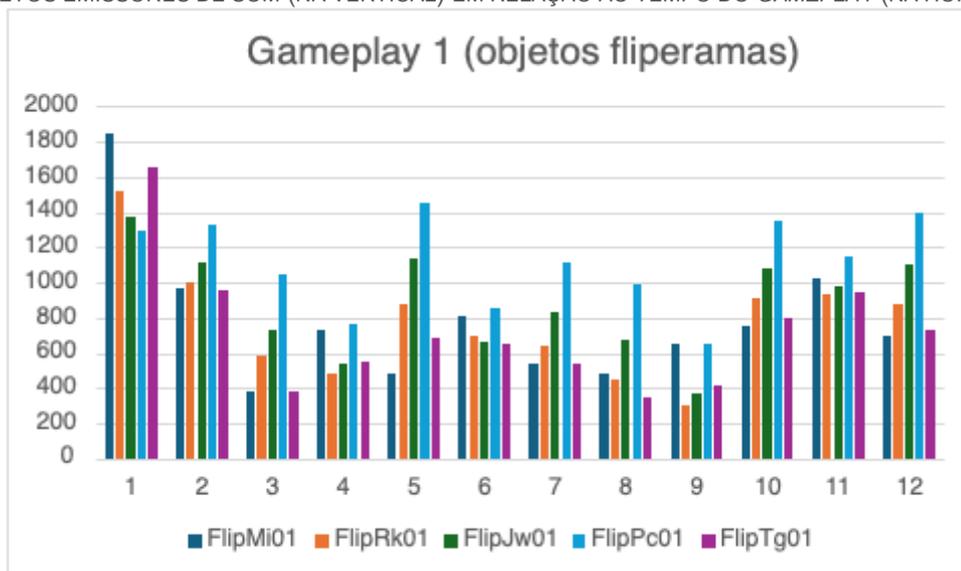


GRÁFICO 8: REPRESENTAÇÃO VISUAL DA DISTÂNCIA EM *PIXEL* ENTRE O OBJETO CONTROLADO PELO JOGADOR E OS OBJETOS EMISSORES DE SOM (NA VERTICAL) EM RELAÇÃO AO TEMPO DO *GAMEPLAY* (NA HORIZONTAL).



A partir destes primeiros gráficos apresentados, é possível ver que a combinação da disposição dos objetos em relação ao objeto do jogador, quando comparada à variável tempo, não se repete. Isso significa que, cada vez que o personagem se move durante a cena, a combinação dos volumes das faixas de áudio se altera, modificando também o resultado sonoro vivenciado pelo jogador. Além disso, ao ser mediado por um objetivo — que é caminhar pelo espaço do jogo buscando os objetos coletáveis — o resultado sonoro da gravação é sempre um som com parâmetros dinâmicos e mutáveis.

GRÁFICO 9: REPRESENTAÇÃO VISUAL DA DISTÂNCIA EM *PIXEL* ENTRE O OBJETO CONTROLADO PELO JOGADOR E OS OBJETOS EMISSORES DE SOM (NA VERTICAL) EM RELAÇÃO AO TEMPO DO *GAMEPLAY* (NA HORIZONTAL).



No Gráfico 9, e ainda no *gameplay* 1, é possível observar que, durante o exemplo analisado, a síntese sonora final dos áudios emitidos pelos objetos que

representam o fliperama é sempre distinta em cada uma das medições. Podemos afirmar que, dada uma equação em que o áudio possui uma representação de amplitude, delineando a finitude de sua execução em um espaço virtual, e considerando uma causalidade real, juntamente com a possibilidade de interação de um usuário ou jogador nessa síntese sonora, emergem características generativas no áudio final apresentado no protótipo. Essa qualidade generativa refere-se ao fato de que algo gerado de maneira procedural nunca se repete da mesma forma, assemelhando-se a algo vivo ou natural.

As mesmas características dinâmicas aparecem nos outros três *gameplays*, como representado nos Gráficos 10, 11 e 12. Porém, é interessante notar que o sistema precisa se modificar o tempo todo para manter o equilíbrio de uma causalidade percebida, que mantém uma congruência em relação ao cenário e à experiência proposta, de estar em um fliperama barulhento.

GRÁFICO 10: REPRESENTAÇÃO VISUAL DA DISTÂNCIA EM *PIXEL* ENTRE O OBJETO CONTROLADO PELO JOGADOR E OS OBJETOS EMISSORES DE SOM (NA VERTICAL) EM RELAÇÃO AO TEMPO DO *GAMEPLAY* (NA HORIZONTAL).

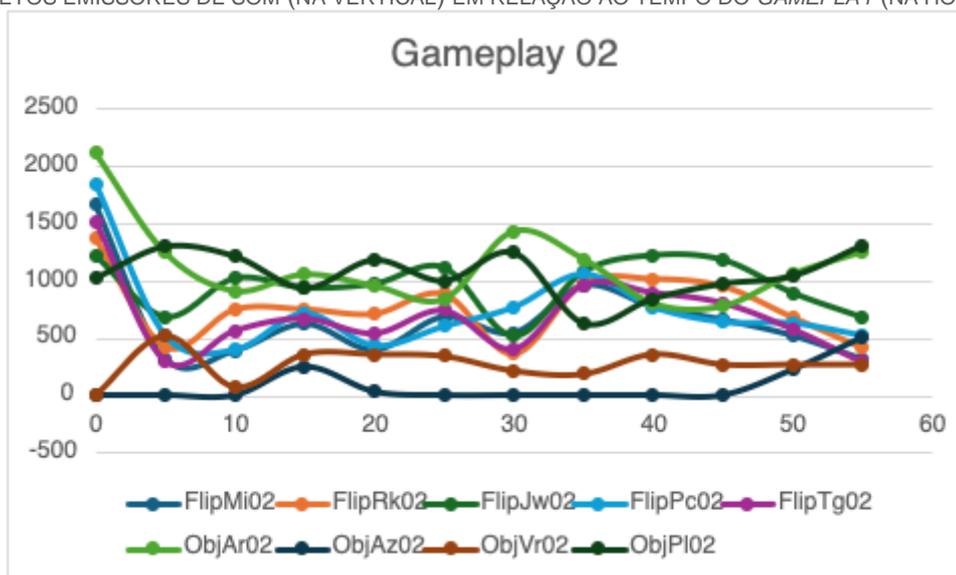


GRÁFICO 11: REPRESENTAÇÃO VISUAL DA DISTÂNCIA EM *PIXEL* ENTRE O OBJETO CONTROLADO PELO JOGADOR E OS OBJETOS EMISSORES DE SOM (NA VERTICAL) EM RELAÇÃO AO TEMPO DO *GAMEPLAY* (NA HORIZONTAL).

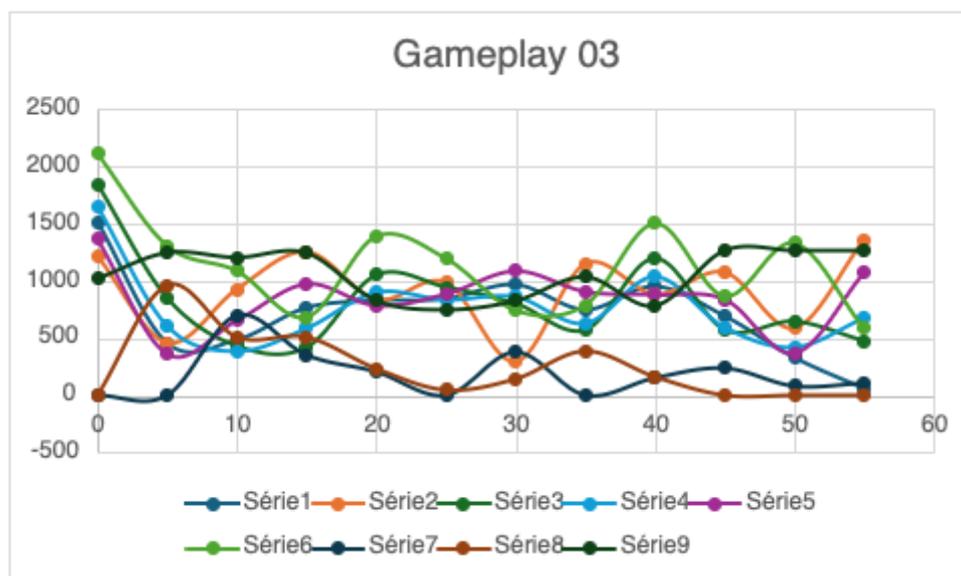
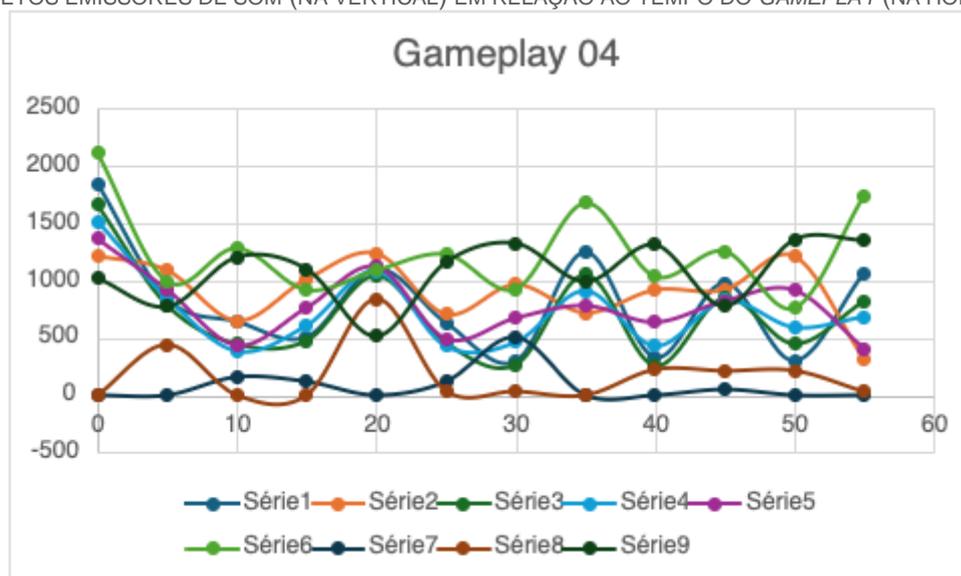


GRÁFICO 12: REPRESENTAÇÃO VISUAL DA DISTÂNCIA EM *PIXEL* ENTRE O OBJETO CONTROLADO PELO JOGADOR E OS OBJETOS EMISSORES DE SOM (NA VERTICAL) EM RELAÇÃO AO TEMPO DO *GAMEPLAY* (NA HORIZONTAL).



Dessa forma, é possível evidenciar que, ao analisar um áudio sem levar em conta os diferentes tipos de relações causais, podem surgir análises enviesadas. Como por exemplo: em uma inferência dos dados tomando apenas as relações causais reais como parâmetro, podemos atestar que o áudio possui fortes características generativas, dada a não repetição dos parâmetros reguladores dos volumes das faixas de áudio. Já em uma análise associativa, torna-se fácil atestar que a música adaptada para cada objeto não muda em sua estrutura individual, apenas no seu parâmetro de volume, o que conecta com as teorias que apontam que o áudio implementado seria linear. Por outro lado, em uma característica voltada para a qualidade percebida, o áudio responde às ações do jogador em

relação ao ambiente virtual, o que indicaria que seria um áudio dinâmico e não procedural (ou generativo), como descrito por Collins (2007, 2009).

É importante, então, atestar que o áudio criado e adaptado para *videogame* é a junção dessas causalidades, que representam a multidisciplinaridade presente em um *game*. Isolar tais variáveis analisadas em percepções distintas pode limitar a visão a apenas um segmento, o que pode ser, inclusive, uma das razões para termos tão poucas músicas consideradas realmente generativas em jogos digitais. Muitas vezes, essas análises são feitas de forma unilateral, considerando apenas um nível de causalidade em sua inferência, o que pode prejudicar o próprio entendimento de trilhas sonoras já criadas e adaptadas para *videogames*.

Outra característica importante de um jogo digital é sua jogabilidade, o que torna crucial averiguar as características dinâmicas do áudio ao comparar mais de um *gameplay*. O Gráfico 13 mostra que os parâmetros reguladores do objeto FliperPc estão sempre diferentes a cada medição, com exceção da terceira medição, referente ao segundo 15 dos vídeos, que nos *gameplays* 2, 3 e 4 mostram valores iguais. Entretanto, na medição entre os *gameplays* do objeto FliperPg, as semelhanças dos parâmetros aparecem nas medições 9 e 10, como podemos ver no Gráfico 14.

GRÁFICO 13: REPRESENTAÇÃO VISUAL DA DISTÂNCIA EM *PIXEL* ENTRE O OBJETO CONTROLADO PELO JOGADOR E OS OBJETOS EMISSORES DE SOM (NA VERTICAL) EM RELAÇÃO AO TEMPO DO *GAMEPLAY* (NA HORIZONTAL).

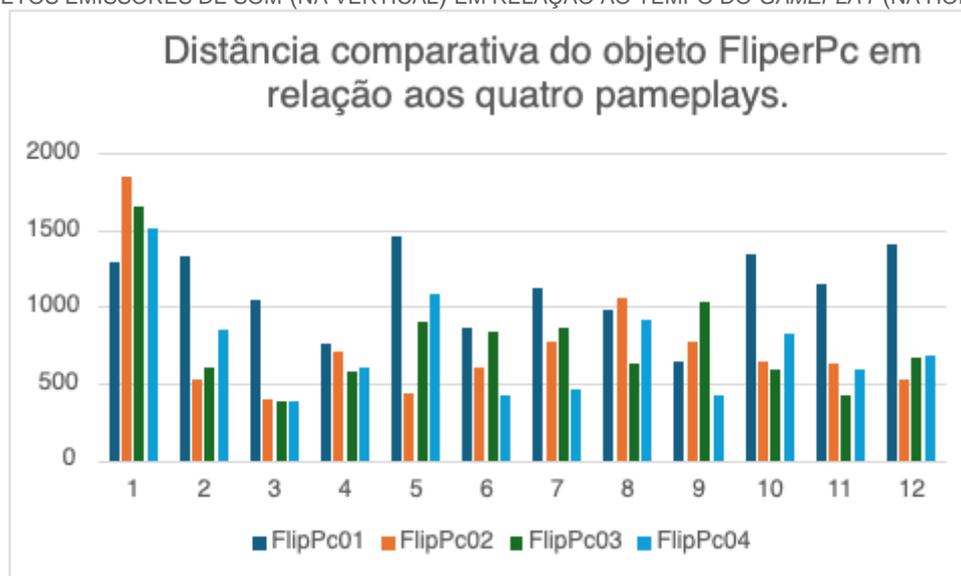
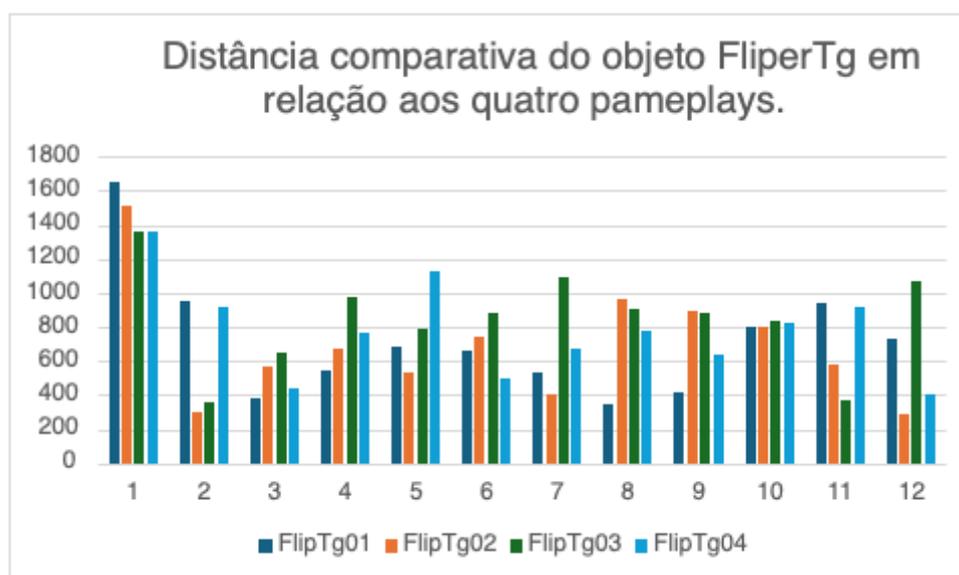


GRÁFICO 14: REPRESENTAÇÃO VISUAL DA DISTÂNCIA EM *PIXEL* ENTRE O OBJETO CONTROLADO PELO JOGADOR E OS OBJETOS EMISSORES DE SOM (NA VERTICAL) EM RELAÇÃO AO TEMPO DO *GAMEPLAY* (NA HORIZONTAL).



## 6.7 Considerações preliminares do experimento 1

Apesar da simplicidade intrínseca ao experimento apresentado, é possível observar que as qualidades generativas emergem não apenas em condições audíveis e claras para o usuário. Algumas situações de caráter mais dinâmico possuem, inclusive, qualidades inversamente proporcionais. Por exemplo, para gerar uma cena de natureza dinâmica, mas sem características generativas aparentes, como andar em um ambiente onde os sons são emitidos por objetos dispostos no cenário, é necessário um sistema com qualidades generativas que esteja sempre ajustando seus parâmetros de forma diferenciada. Sendo assim, uma cena que aparentemente não exhibe grandes variações estéticas ou qualidades generativas, pode, na verdade, possuir um sistema sonoro com tais qualidades que sustentam essa natureza dinâmica.

De certa forma, em alguns casos de áudios dinâmicos, seu funcionamento é regido por características generativas no sistema, evidenciando a importância de uma abordagem integrada ao sistema sonoro. Compreendemos, então, que emular situações em ambientes virtuais com características similares à da natureza ou muito variada, necessita de sistemas generativas. Sob essa perspectiva, entendemos que uma música generativa não serve apenas para alterar completamente o caráter da cena, mas também para sustentar cenários e experiências que são dinâmicas por natureza.

Entretanto, as qualidades generativas do experimento emergem ao introduzirmos uma noção de amplitude sonora, que também compreendemos como uma delimitação dos espaços em que o som atua. É interessante perceber que essa pluralidade de nuances surge da criação de uma finitude no próprio som, que, ao possuir uma gradação

no seu volume em relação ao ambiente, faz emergir várias sínteses sonoras do mesmo áudio implementado. Assim, entendemos que é possível criar um áudio com características generativas a partir da criação de um ambiente virtual onde os objetos emitam sons, esses sons possuem uma representação de amplitude, e os objetos tenham certa particularidade e independência na sua execução, sendo tudo isso regido pela movimentação do objeto controlado pelo jogador.

## 6.8 Procedimento metodológico do experimento número 2

O objetivo do experimento número 2 é mostrar visualmente a diversidade de sínteses sonoras que emergem da interação entre o jogador e um ambiente virtual com um sistema sonoro que dotado de uma representação de amplitude sonora. Foi criada, então, uma representação visual do espaço onde o som está atuando, utilizando cores distintas para cada faixa de áudio implementada no jogo. Pretendemos, assim, criar uma imagem de fácil interpretação, porém com bastante precisão em relação ao que está acontecendo no espaço sonoro do jogo.

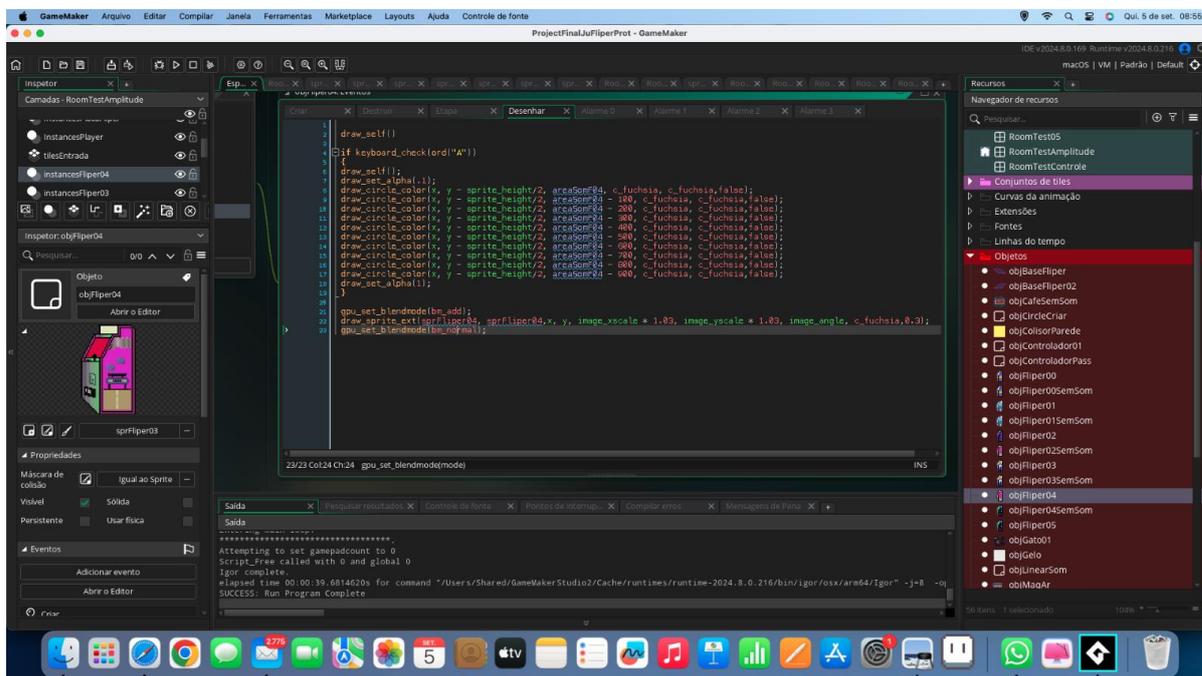


FIGURA 53: CAPTURA DE TELA DO PROTÓTIPO 2 (FONTE: CONFEÇÃO PRÓPRIA).

Para representar o espaço sonoro em torno do objeto emissor do som, foi utilizada uma função nativa do *GameMaker Studio 2* que desenha um círculo colorido na tela (representado na Figura 53, que apesar de não ficar claro o formato circular, é possível discriminar o espaço sonoro do áudio emitido pelo fliperama, representado pela cor rosa). O

código acima cria um círculo ao redor do personagem, com transparência (alpha igual a 10% de uma imagem completamente visível) e com uma circunferência de 100 pixels (10% da amplitude total do som emitido). Após isso, são sobrepostos círculos, aumentando progressivamente em 10% sua circunferência até cobrir 100% da área abarcada pelo som, como mostrado na Figura 54.



FIGURA 54: CAPTURA DE TELA DO PROTÓTIPO 2 A REPRESENTAÇÃO VISUAL DA AMPLITUDE SONORA (FONTE: CONFECÇÃO PRÓPRIA).

Como complemento ao experimento, adicionamos a função *choose*, que também é nativa do *GameMaker Studio 2*. Essa função escolhe de maneira randômica uma das opções discriminadas no código. Neste caso, para cada espaço que deve conter um fliperama, o sistema escolherá um dos cinco objetos que representam os fliperamas disponíveis no sistema (como apresentado na Figura 55). Dessa forma, testamos se, a partir dessa randomização, é possível criar paisagens sonoras distintas.

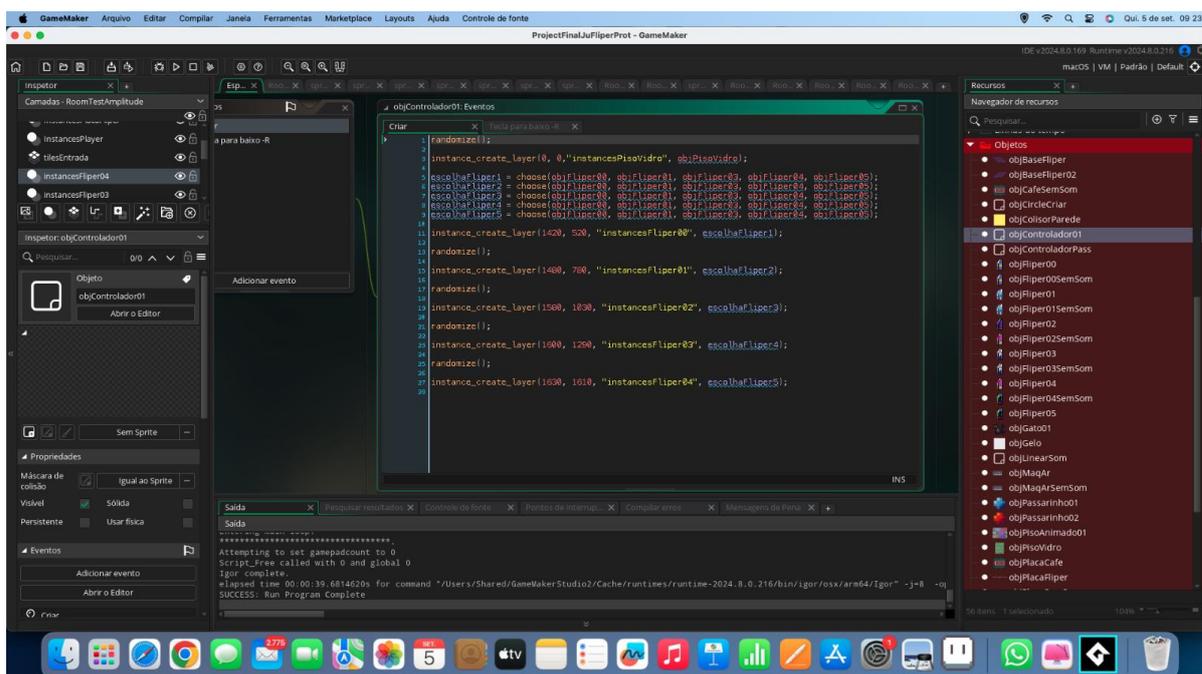


FIGURA 55: CAPTURA DE TELA DO PROTÓTIPO 2 MOSTRANDO O SISTEMA DE ESCOLHA IMPLEMENTADO (FONTE: CONFEÇÃO PRÓPRIA).

Foi então gravado um vídeo de controle com seis exemplos de uso deste sistema sonoro descrito. Em seguida, foram capturadas as imagens de cada *gameplay* para discussões e análises comparativas dos resultados. Dessa forma, foi possível criar uma representação artística de como as qualidades generativas emergem nos exemplos apresentados.

Vídeo controle do experimento 2:

<https://youtu.be/MiqgLEo9OKs>



## 6.9 Apresentação dos dados e discussão

Na primeira incursão (minuto 00:00 do vídeo), a função *choose* retornou apenas os fliperamas que executam as trilhas sonoras dos filmes Rocky e Missão Impossível. Na Figura 56, é apresentada a representação visual desses áudios dispostos na cena. Existe, então, uma predominância das cores laranja (fliperama do Rocky) e verde (fliperama do Missão Impossível). Os círculos desenhados na tela ajudam a discriminar como o áudio vai mudando de amplitude conforme se distancia dos objetos emissores de som.

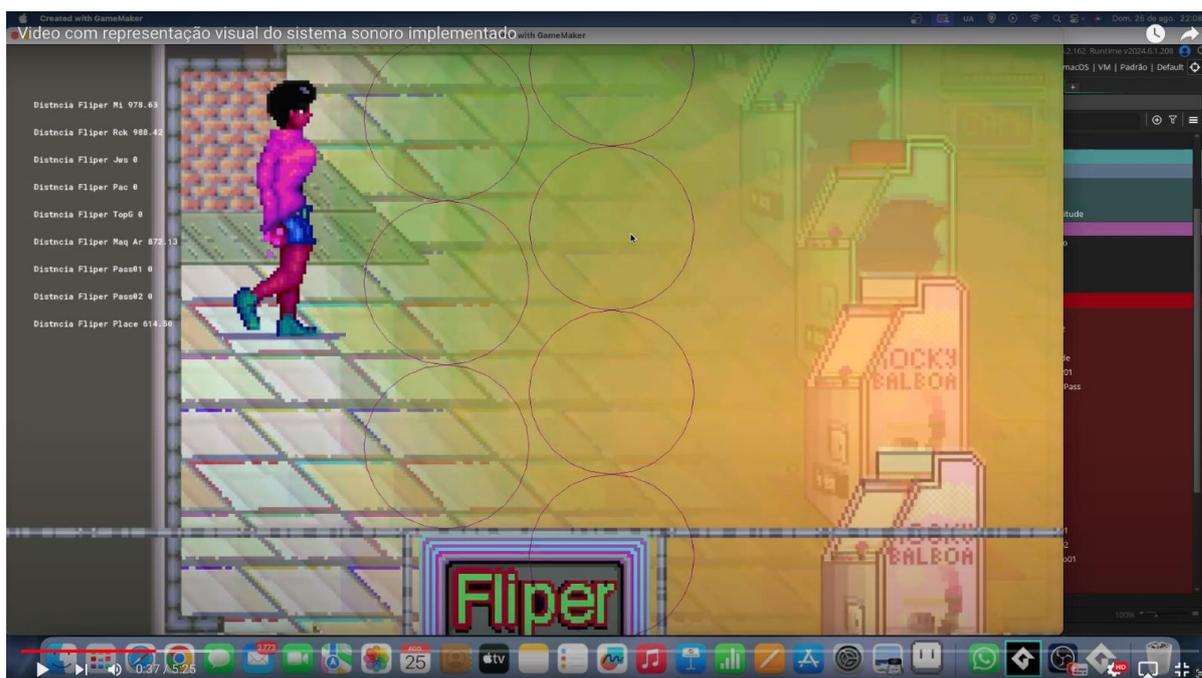


FIGURA 56: CAPTURA DE TELA DO PROTÓTIPO 2 APRESENTANDO O RESULTADO VISUAL NÚMERO 1 (FONTE: CONFECÇÃO PRÓPRIA).

Na segunda incursão (minuto 01:00 do vídeo, representada pela figura 57), é possível notar um padrão de cores diferente, o que também indica que a síntese sonora vivenciada pelo jogador será distinta. Vale ressaltar que emerge uma qualidade generativa nesta trilha de áudio, onde cada espaço do ambiente virtual abriga uma síntese sonora particular. Além disso, a intensidade da mudança percebida no som terá uma relação direta com a composição das faixas de áudio.

Quanto mais distintas e marcantes forem as faixas de áudio implementadas, maior será a percepção das qualidades generativas. Entretanto, a representação visual da interação dos sons por meio das cores pode ajudar a planejar o ambiente sonoro proposto. Assim, torna-se uma composição musical com alta reatividade à interação do jogador.

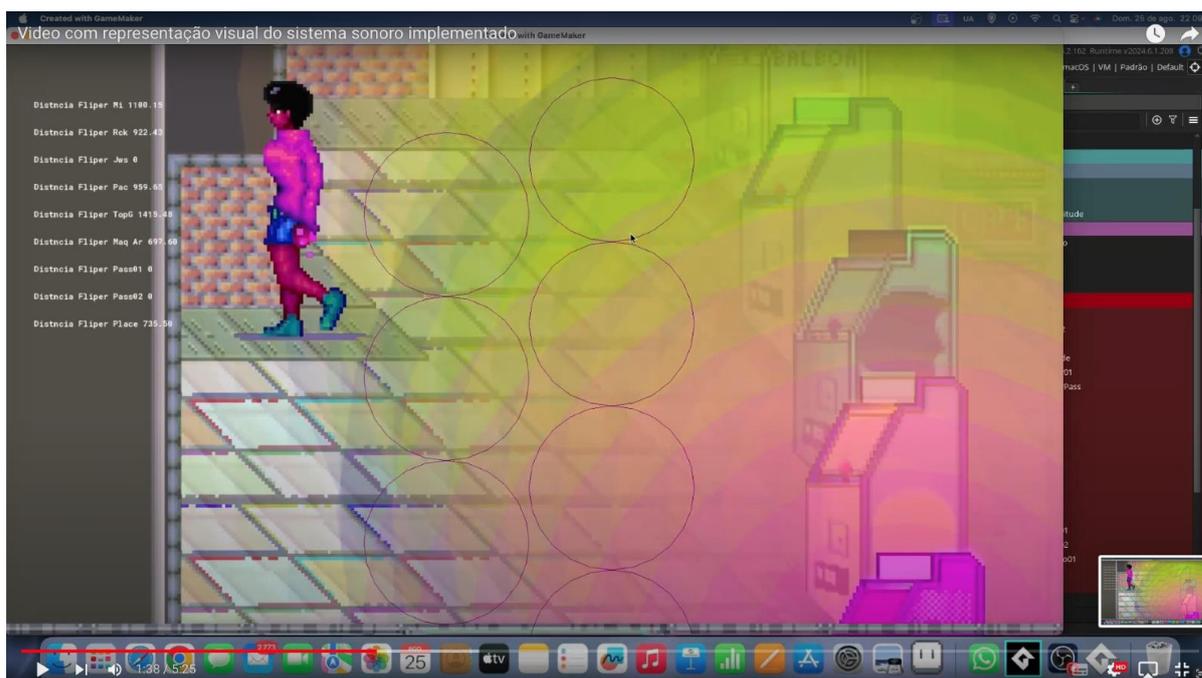


FIGURA 57: CAPTURA DE TELA DO PROTÓTIPO 2 APRESENTANDO O RESULTADO VISUAL NÚMERO 2 (FONTE: CONFECÇÃO PRÓPRIA).

Na Figura 58 (minuto 02:00), é possível ver uma diferença na representação sonora em comparação com os dois exemplos anteriores. É importante frisar que surgem novas camadas no processo de composição, que são: (1) a composição individual das faixas, (2) o planejamento de como essas faixas soarão juntas em relação a cada espaço do ambiente virtual, e (3) como essas faixas de áudio soarão em relação à movimentação do usuário. Assim, criamos um movimento de constante mudança em faixas de áudio que, em uma análise superficial, poderiam ser chamadas apenas de áudio linear.

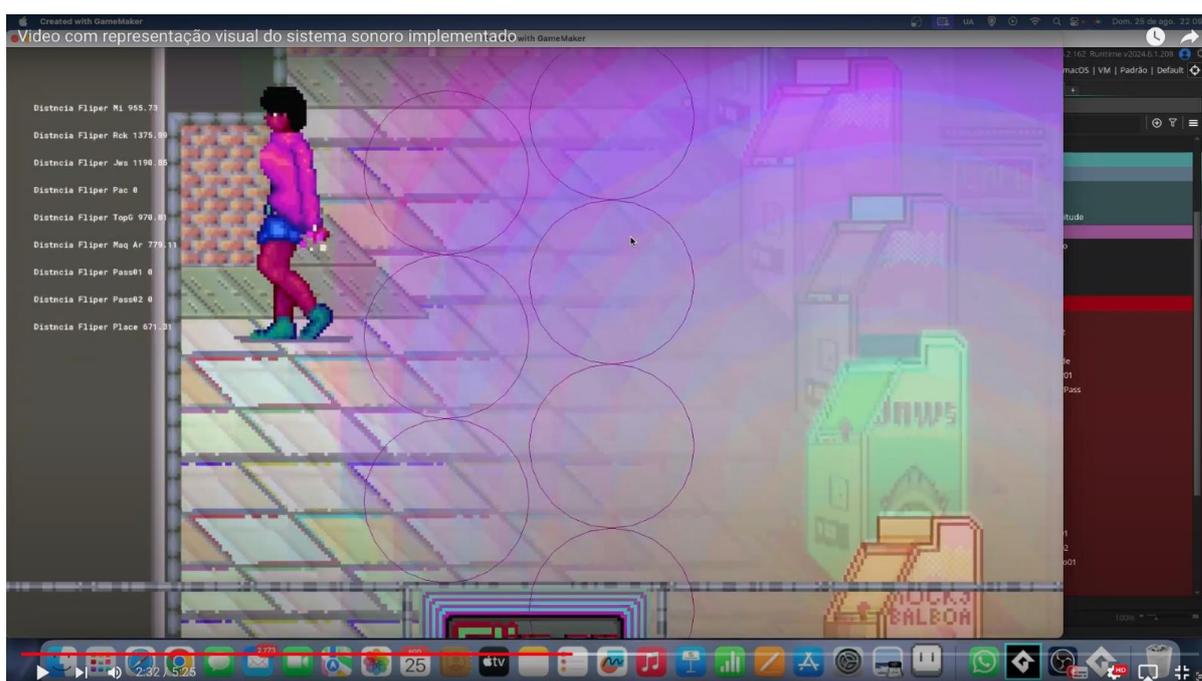


FIGURA 58: CAPTURA DE TELA DO PROTÓTIPO 2 APRESENTANDO O RESULTADO VISUAL NÚMERO 3 (FONTE: CONFECÇÃO PRÓPRIA).

Para encerrar esta breve análise, apresentamos na Figura 59 um recorte que representa o ambiente sonoro de cada incursão feita no experimento número 2. É possível perceber que, tanto em relação ao cenário quanto na comparação entre as incursões propostas, temos sínteses distintas de paisagens sonoras, criadas a partir da atribuição de uma amplitude sonora às faixas de áudio implementadas.

Consideramos, então, que o processo de criação musical com qualidades generativas pode emergir da implementação de uma noção de finitude das faixas de áudio dispostas simultaneamente na cena. Criamos uma infinidade de experiências ao limitar a interação do áudio — limitações essas que podem ser entendidas como parte fundamental do processo de criação de peças musicais com qualidades generativas.

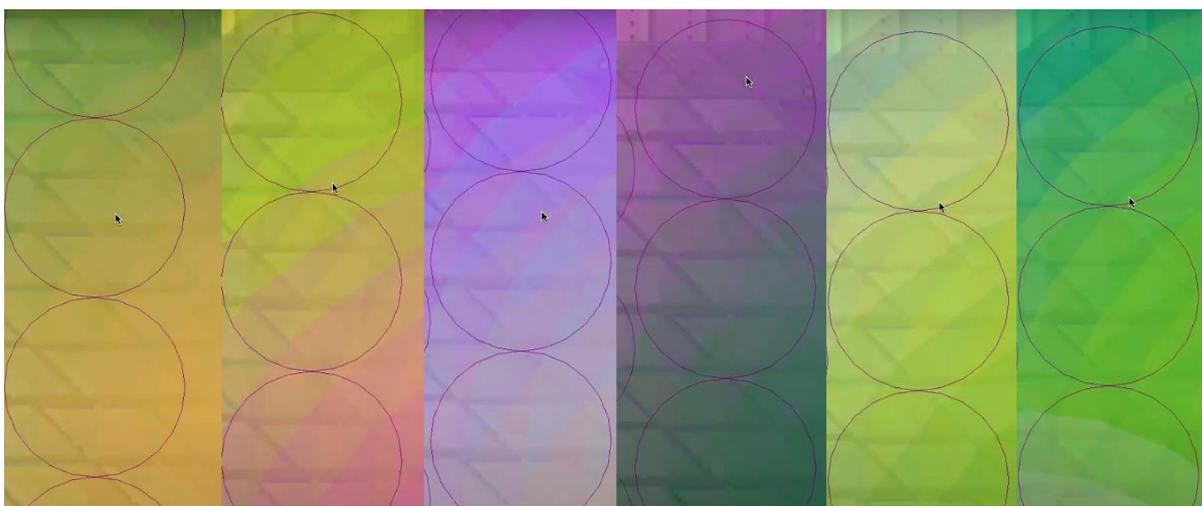


FIGURA 59: CAPTURA DE TELA DO PROTÓTIPO 2 CAPTURA DE TELA DO PROTÓTIPO 2 APRESENTANDO O RESULTADO VISUAL NÚMERO 4 (FONTE: CONFECÇÃO PRÓPRIA).

## Capítulo 7 – Conclusão e reflexões sobre a pesquisa

Como conclusão do presente trabalho, entendemos que uma música criada e/ou adaptada para *videogames* possui funções básicas em um *gameplay*, como representar um lugar, personagem, ação e/ou estado ou emoção. Dessa forma, o uso de geradores procedurais de conteúdo ou métodos generativos pode afastar essa música de sua função original, criando uma dicotomia negativa no *gameplay*. Portanto, a implementação desses métodos deve ser integrada aos conceitos que conectam a música à experiência proposta, de modo que ela contribua para o equilíbrio de um *gameplay*.

Uma forma de gerar maior sinergia entre música e imagem, em um contexto em que ambos possuem características generativas, é enxergar o jogo digital de forma integrada, como propomos no presente trabalho. Lidar com as causalidades reais, percebidas e associativas pode ajudar a planejar e implementar trilhas de áudio completas, diminuindo erros, mesmo em situações de alta variabilidade. Isso é especialmente relevante ao sugerirmos que as qualidades generativas surgem de diversas maneiras em um projeto.

Entendemos que a música executada em um jogo é essencialmente algorítmica, uma vez que é regida por, no mínimo, uma linha de código. Quando essa música é controlada por uma função que modifica seus parâmetros em relação ao tempo de jogo, a trilha sonora adquire um caráter procedural, pois passa a ser estruturada por processos dinâmicos. Um exemplo disso seria a utilização de um único objeto emissor de som, combinado com uma representação de sua amplitude sonora na cena, fazendo com que o volume do áudio responda, em tempo real, às ações do usuário. Em um terceiro cenário, quando múltiplos sistemas interagem de maneira simultânea, cada um com diretrizes independentes e com sistemas de amplitude sonora próprios, surgem qualidades generativas. Isso possibilita a criação de sínteses sonoras únicas e mutáveis em relação ao espaço e ao tempo do jogo.

Sendo assim, uma música infinita para cenários infinitos é, na verdade, a criação de uma percepção de continuidade gerada no *gameplay*. Essa percepção reside no campo da causalidade percebida e tem como objetivo gerar a sensação de continuidade, sem a percepção de um reinício do zero ou total das fases. A noção de não repetição está subordinada à memória do jogador, e não a uma não repetição real.

Provavelmente, ao analisarmos os dados sob o prisma da causalidade real, entenderíamos que o número de possíveis sínteses sonoras seria finito. Contudo, na percepção do jogador, a partida ainda não teria fim, e o ambiente como um todo poderia ser

descrito como infinito. Ou seja, gerar incontáveis possibilidades de sínteses sonoras em relação ao tempo de *gameplay* contribui para a percepção de uma jogabilidade infinita.

Delineamos, então, um possível caminho que, apesar de lidarmos com um processo de criação que é dinâmico por natureza, pode orientar desenvolvedores de sistemas musicais com qualidades generativas para videogames a construírem seus próprios sistemas sonoros. Dessa forma, apresentaremos (em seguida) uma síntese de todos os procedimentos e conceitos propostos no presente texto. Essa síntese será exposta em formato textual com listas e em uma representação visual (ver Figura 60).

## 7.1 Síntese do modelo composicional proposto

**A partir das colocações levantadas no presente texto, entendemos que, no primeiro Capítulo**, delineamos uma distinção entre os níveis de complexidade do áudio implementado, que, a partir de nossas resoluções, podem ser compreendidos da seguinte forma: **algorítmico** — quando uma gama simples de linhas de código rege a execução do áudio no sistema, sem modificação de parâmetros em tempo real; **procedural** — quando há modificações nos parâmetros de um único áudio ou de suas partes em resposta a algum elemento da jogabilidade; e, por fim, **generativo** — caracterizado pela presença de vários sistemas procedurais dinâmicos atuando simultaneamente.

O ponto central é que um sistema de áudio procedural é regido por processos, mas não necessariamente precisa gerar um áudio que nunca se repete. Além disso, é fundamental considerar a criação de sistemas que combinem partes musicais com o propósito de criar novas músicas, algo que se encontra na fronteira entre áudio procedural e generativo. Isso pode incluir tanto sistemas que geram músicas finitas e lineares, sempre distintas entre si, quanto a criação de um áudio contínuo, ou até mesmo possibilidades mais próximas da arte generativa, ou seja, com uma finalidade mais aberta. Dessa forma, pode ser interessante desenhar a complexidade do áudio proposto com atenção antes de integrá-lo a todo o jogo digital em desenvolvimento.

### **Complexidade dos Sistemas Sonoros para Videogames:**

1. **Algorítmico:** Sistema em que não há modificações nos parâmetros ou partes do áudio.
2. **Procedural:** Sistema que envolve modificações nos parâmetros ou nas partes do áudio em resposta a elementos da jogabilidade.
3. **Generativo:** Sistema que utiliza múltiplos processos procedurais atuando simultaneamente.

**Abordando, então, o segundo capítulo**, enfatizamos os conceitos de **espacialidade, temporalidade e rejogabilidade**. Essa decisão se deve ao fato de que os jogos digitais são essencialmente mídias interativas e, portanto, ocorrem em relação a um tempo de jogo, que é o período que o jogador dedica à exploração de um determinado *game*. O jogo, por sua vez, acontece em algum tipo de ambiente ou espaço virtual e, em grande parte dos casos, o jogador revisita várias vezes as mesmas fases, emergindo, assim, a rejogabilidade.

Dessa forma, é possível compreender que essas três características interferem na construção do áudio proposto. Desenvolvemos, então, um modelo de análise que discrimina como o áudio se comporta no jogo em relação à espacialidade, temporalidade e rejogabilidade. Esse modelo propõe uma comparação de dois ou mais *gameplays*, discriminando como o áudio se transforma durante as partidas, possuindo, assim, a capacidade de retratar com clareza o comportamento do áudio e da música em um jogo.

#### **Áudio e Espaço Virtual:**

1. **Espacialidade:** Como o sistema sonoro executa as faixas de áudio em relação ao espaço virtual.
2. **Temporalidade:** Como o áudio se comporta em relação ao tempo de jogo.
3. **Rejogabilidade:** Como o áudio se transforma no contexto da rejogabilidade.

**Seguindo para o Capítulo 3**, propomos um modelo de documentação de áudio para videogames, focado em características generativas. O modelo proposto aborda dimensões gerais, como o estabelecimento das relações, principalmente entre desenvolvedores e tecnologia; a identificação e criação dos parâmetros reguladores do áudio proposto; o design de como a música irá mudar durante o jogo; e, por fim, como será prototipado esse áudio. Entendemos que, tão importante quanto a criação musical, neste contexto, é a documentação e a minimização dos riscos no processo de criação de um jogo.

#### **Tomando Decisões:**

1. **Estabelecendo as Relações:** Este momento é focado em definir como a equipe irá utilizar a tecnologia disponível, estabelecendo, assim, as relações criativas e decidindo se serão utilizados sistemas inteligentes para auxiliar no processo de composição do áudio proposto.
2. **Identificando e Estabelecendo Parâmetros:** Neste processo, são definidos os parâmetros reguladores que o sistema de áudio a ser criado e implementado deverá ter, com foco no equilíbrio da obra como um todo.

3. **Criando um Design de Mudança:** Aqui, descrevemos como o áudio irá se comportar e mudar durante o gameplay.
4. **Prototipagem e Validação das Visões:** Neste momento, prototipamos e validamos as decisões tomadas para avançar com o projeto.

**No Capítulo 4**, abordamos os métodos generativos, entendendo que o cenário e os objetos que emitem som dispostos nele são de extrema importância na construção da trilha de áudio e musical de um game. **Já no Capítulo 5**, propomos uma visão integradora a partir dos conceitos de causalidade real, associativa e percebida, além dos conceitos de equilíbrio, direcionalidade e foco. Ambos os conceitos visam conectar a game art, algoritmos e interatividade, sempre direcionados às características generativas do áudio a ser implementado.

O conceito de níveis de causalidades é uma proposição que busca auxiliar na compreensão integrada das relações entre algoritmos, arte e interatividade. A causalidade real refere-se às ações produzidas estritamente pelos algoritmos. A causalidade associativa diz respeito às correlações entre as obras visuais e artísticas presenciadas pelo jogador durante o gameplay. Já a causalidade percebida envolve as ações observadas no ambiente virtual do jogo, sendo muito importante para a jogabilidade.

Além disso, os conceitos de **equilíbrio**, **direcionalidade** e **foco** são interpretações derivadas da experiência dentro de um jogo, de forma semelhante à análise de uma obra artística interativa. Essas decisões interferem diretamente em todos os níveis de causalidades propostos. **O foco, ou protagonismo**, refere-se a de onde o som está vindo e qual é seu papel central na cena. **A direção e movimento** dizem respeito a como o som se desloca e como esse movimento influencia nossa interpretação. Por fim, **o equilíbrio** trata de como manter a harmonia da obra em relação à jogabilidade, narrativa e experiência essencial.

#### **Pensando de forma integrada:**

1. **Causalidade percebida:** Relação de congruência entre os elementos interativos de uma experiência em um ambiente virtual.
2. **Causalidade associativa:** Correlações possíveis de serem traçadas em decisões não exatas presentes em um jogo, como as escolhas artísticas ou referências utilizadas na construção da experiência fundamental do jogo.
3. **Causalidade real:** Refere-se às decisões que operam de forma estrita no sistema, como os algoritmos implementados.

#### **Compreendendo a arte e a interatividade:**

1. **Protagonismo e foco:** A origem do som e o que ele representa em uma cena.

2. **Equilíbrio:** Como manter fluidez e clareza na narrativa e na experiência fundamental, mesmo que o jogo possua características generativas.
3. **Direcionalidade e movimento:** Como o áudio se movimenta pela cena e quais possíveis interpretações esse comportamento pode gerar.

Dessa forma apresentamos a estrutura desenvolvida na presente pesquisa em uma representação visual, como mostrado na Figura 60.



FIGURA 60: SÍNTESE DOS PROCEDIMENTOS E CONCEITUAÇÕES PROPOSTOS NA PRESENTE DISSERTAÇÃO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).

## 7.2 Considerações finais sobre a pesquisa

Ao iniciar a presente pesquisa, percebemos que nossa compreensão dos assuntos que pretendíamos abordar era um tanto quanto rasa em relação à complexidade real com a qual nos deparamos. Decidimos, então, focar nossos esforços inicialmente em três questões básicas que tangiam nosso processo de pesquisa: a música criada e mediada por computador, a música criada e adaptada para videogame e o processo de prototipagem. Isso culminou nos três primeiros capítulos da presente dissertação.

Inicialmente, o objetivo não era apenas responder às perguntas de pesquisa propostas, mas também organizar, de forma multidisciplinar, os conceitos que envolvem a criação de uma música com qualidades generativas adaptada para videogames. Isso resultou, primeiramente, em uma pesquisa focada na revisão de literatura, algo que consideramos uma contribuição pontual para futuros pesquisadores interessados nos temas abordados. Além disso, possibilitou a formulação de insights relevantes sobre como prosseguir para os próximos passos, incluindo a prototipagem. Por fim, permitiu a apresentação de conceitos relacionados ao processo de criação de músicas generativas para *videogames*, integrando perspectivas de construção algorítmica, *game design*, *game art* e música criada e adaptada para *videogames*, conforme discutido na seção anterior.

Outra decisão importante do processo de pesquisa foi produzir o protótipo realizando sozinho todas as etapas de sua confecção. Essa escolha impactou profundamente os insights gerados, pois, apesar das dificuldades, compreendemos que as relações entre música, imagem e interatividade devem ser observadas de forma integrada entre todas as áreas de conhecimento envolvidas no processo de criação, abarcando toda sua complexidade.

Ressaltamos ainda que, no processo de prototipagem, foi integrada, em um experimento, apenas a dimensão de uma representação de amplitude sonora em uma cena. Essa representação sonora é apenas uma parte de um movimento de integração que pode envolver muitas outras variáveis. A automação da integração entre imagem e som em relação à *gameplay* ainda é um campo vasto, repleto de possibilidades a serem exploradas.

Entendemos, então, que qualidades generativas não estão presentes apenas em sistemas que criam músicas "novas", mas também naqueles que distorcem vários sistemas de áudio simultaneamente, em busca de uma síntese sonora que evolui sem uma direção final, cuja função pode ser apenas existir. Esse processo pode ajudar a gerar narrativas emergentes a partir da interação transversal entre elementos como interatividade, imagem, narrativa e outros aspectos que possam ser incorporados a um jogo digital. Parte desse efeito surge ao promover interações entre diferentes sistemas dentro de um ambiente virtual,

fragmentando cada vez mais as possibilidades de interação entre o espaço virtual e o usuário e gerando, assim, sensações únicas e distintas.

Estudar a interação entre música e imagem no contexto de mídias digitais interativas é, de certa forma, trabalhar de maneira integrada entre os elementos artísticos, o design de uma experiência do jogador, bem como as ferramentas computacionais que permitirão que o caráter interativo exista. Compreendemos, então, que estamos criando o contexto em que será possível nascer uma música emergente, música esta que, muitas vezes, está tão integrada com os outros elementos do jogo que nem sempre será percebida como música, mas sim como uma sensação ou experiência. Por isso, desenvolver sistemas computacionais, design de jogos e música pode, e em certas ocasiões até deve, andar de mãos dadas.

Sendo assim, entendemos que trazemos como contribuição uma possível visão e estruturação para uma gestão integrada entre os processos artísticos, computacionais e de design de um jogo digital. Apresentamos, então, uma revisão de literatura que fundamenta nossa visão e desenvolvemos um sistema de áudio em um protótipo em um contexto que testamos apenas uma das muitas dimensões possíveis de serem concebidas em *gameplays*. Ainda há diversas camadas a serem implementadas e testadas; no entanto, acreditamos que essa visão integrada proposta aqui possa representar um caminho com menos erros quando o assunto é *videogame*.

## 7.2 Trabalhos futuros

Dada a complexidade do assunto abordado, não foi possível concluir em experimentos todas as possibilidades de interações com qualidades generativas apresentadas neste texto. Foram iniciadas as construções de três protótipos diferentes, porém, por questões técnicas, apresentamos apenas um deles. Ficaram pendentes as aplicações dos modelos de construção de variáveis externas para interação no ambiente virtual, conforme apresentado no Capítulo 5, bem como o desenvolvimento de testes de usabilidade dos sistemas criados.

Outro ponto em andamento é a criação de uma patente que regularize tanto o modelo de tomada de decisões proposto no Capítulo 3 quanto o sistema composicional apresentado no Capítulo 5. Esse processo ainda requer uma complexificação e aprimoramento dos *frameworks* apresentados, além de testes para validar sua eficácia no processo de criação de músicas com qualidades generativas para *videogames*. Portanto, pretendemos seguir com esse empreendimento após a presente defesa de mestrado.

Outro ponto importante, é que iniciamos uma conexão entre o conceito de inferência causal e o processo de criação de músicas para jogos digitais, mas não aprofundamos e complexificamos o suficiente para que essa relação possua uma reprodutibilidade realmente acurada. Esse campo ainda precisa ser explorado no sentido da criação de modelos visuais, equações matemáticas que ajudem a prever os comportamentos sonoros no jogo, além do levantamento de outras possíveis necessidades de validação que possam surgir. Sendo assim, entendemos que a inferência causal pode nos levar à criação de jogos digitais com músicas que promovam o surgimento de narrativas e interações emergentes, com muito mais diversidade e precisão na construção de relações entre o usuário e os ambientes virtuais de jogos digitais.

Por fim, declaramos que este trabalho promove uma visão de futuro. Um futuro no mundo dos *videogames* em que o estado de normalidade não é estático, mas sim dinâmico e integrado. Os elementos de um jogo digital responderão ao ambiente virtual e aos usuários, modificando-se em tempo real e criando uma experiência única e significativa para cada jogador. Essas modificações serão então subordinadas a sistemas que garantirão o equilíbrio da obra como um todo.

Contribuímos para esse futuro propondo módulos de interação. Por um lado, buscamos organizar os documentos de gerenciamento de criação de um *game*, e, por outro, propomos duas estruturas que, no futuro, possam automatizar o processo de criação e execução de um jogo digital. Esses sistemas são fundamentados em conceitos de inferência causal, oriundos da estatística, e em análises de obras artísticas visuais, advindas da psicologia.

Enfatizamos que os sistemas de criação de um *videogame*, estruturados pelo *game design*, demonstram excelente desempenho em equipes compostas por pessoas. Nesse sentido, o de buscar aumentar a eficiência do computador no processo de criação de jogos com diferentes tipos de propostas e características, a proximidade com a estatística pode auxiliar na manutenção de diretrizes que, anteriormente, só podiam ser auditadas por agentes humanos, como o equilíbrio artístico e a usabilidade durante a automatização de várias funções simultâneas, tendo assim o intuito de promover uma experiência imersiva. Concluimos, portanto, que a integração de um sistema com conceitos transversais — algo já promovido pelo *game design* em nível de interação humana — pode ser a chave para alcançar um novo patamar de criações generativas em *videogames*, viabilizando a criação de músicas infinitas integradas a mundos e cenários igualmente infinitos, tornando essa experiência um lugar comum.

## **Referências**

- AGRES, Kat; FORTH, Jamie; WIGGINS, Geraint A. Evaluation of musical creativity and musical metacreation systems. *Computers in Entertainment (CIE)*, v. 14, n. 3, p. 1-33, 2016.
- ALPERN, Adam. Techniques for algorithmic composition of music. Disponível em: <http://hamp.hampshire.edu/adaF92/algocomp/algocomp>. Acesso em: 20 out. 2024.
- AL-RIFAIE, Asmaa Majid; AL-RIFAIE, Mohammad Majid. Generative music with stochastic diffusion search. In: *Evolutionary and Biologically Inspired Music, Sound, Art and Design: 4th International Conference, EvoMUSART 2015, Copenhagen, Denmark, April 8-10, 2015, Proceedings 4*. Springer International Publishing, 2015. p. 1-14.
- ALY, Luís et al. Appropriating biosensors as embodied control structures in interactive music systems. *Human Technology*, v. 17, n. 1, 2021.
- AMATO, Alba. Procedural content generation in the game industry. In: *Game Dynamics: Best Practices in Procedural and Dynamic Game Content Generation*, p. 15-25, 2017.
- ARNHEIM, Rudolf. *Arte e percepção visual: Uma psicologia da visão criadora*. Tradução de I. T. de Faria. São Paulo: Pioneira, 1980. (Obra original publicada em 1974).
- ARISTÓTELES. *Metafísica*. Tradução de Giovanni Reale. São Paulo: Edições Loyola, 2002.
- ARIZA, Christopher. The interrogator as critic: The Turing test and the evaluation of generative music systems. *Computer Music Journal*, v. 33, n. 2, p. 48-70, 2009.
- BEILHARZ, K. Designing generative sound for responsive 3D digital environment interaction. In: *Computer Aided Architecture Design Research in Asia (CAADRIA'04)*, 2004.
- BELLINGHAM, Matt; HOLLAND, Simon; MULHOLLAND, Paul. *Choosers: The design and evaluation of a visual algorithmic music composition language for non-programmers*, 2018.
- BILES, John A. Genjam in transition: from genetic jammer to generative jammer. In: *Generative Art*, 2002.
- Biostatistics, Vol. 6, issue 2, 2010, pp.1-59
- BIRCHFIELD, David. Generative model for the creation of musical emotion, meaning, and form. In: *Proceedings of the 2003 ACM SIGMM Workshop on Experiential Telepresence*, 2003, p. 99-104.

BODEN, Margaret A.; EDMONDS, Ernest A. What is generative art?. *Digital Creativity*, v. 20, n. 1-2, p. 21-46, 2009.

BOSSALINI, Cameron; RAFFE, William; ANDRES GARCIA, Jaime. Generative audio and real-time soundtrack synthesis in gaming environments: An exploration of how dynamically rendered soundtracks can introduce new artistic sound design opportunities and enhance the immersion of interactive audio spaces. In: *Proceedings of the 32nd Australian Conference on Human-Computer Interaction*, 2020, p. 281-292.

BOWN, Oliver et al. The musical metacreation weekend: challenges arising from the live presentation of musically metacreative systems. In: *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, 2013. p. 27-34.

BOWSER, Anne E. et al. Prototyping in PLACE: a scalable approach to developing location-based apps and games. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2013. p. 1519-1528.

BROWN, Andrew R.; SORENSEN, Andrew. Interacting with generative music through live coding. *Contemporary Music Review*, v. 28, n. 1, p. 17-29, 2009.

BRITANNICA, T. Editors of Encyclopaedia. Algorithm. *Encyclopedia Britannica*, 14 jan. 2024. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/algorithm>. Acesso em: 20 out. 2024.

BROWN, Paul. Is the future of music generative?, 2005. Disponível em: <https://www.generativeart.com>. Acesso em: 20 out. 2024.

CARDINALE, Sara; COLTON, Simon. Neo-Riemannian theory for generative film and videogame music. In: *Proceedings of the International Conference on Computational Creativity*, 2022.

CARLSON, Kristin et al. Cochoreo: A generative feature in iDanceForms for creating novel keyframe animation for choreography. In: *Proceedings of the Seventh International Conference on Computational Creativity*, 2016.

CARNOVALINI, Filippo. Open challenges in musical metacreation. In: *Proceedings of the 5th EAI International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good*, 2019, p. 124-125.

CHEN, Tiannan; GUY, Stephen. GIGL: A domain-specific language for procedural content generation with grammatical representations. In: *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, 2018, p. 9-16.

CHIA, Aleena. The artist and the automaton in digital game production. *Convergence*, v. 28, n. 2, p. 389-412, 2022.

CHOMSKY, Noam. *Aspects of the Theory of Syntax*. 50. ed. Cambridge: The MIT Press, 1965. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt17kk81z>. Acesso em: 20 out. 2024.

CHOMSKY, Noam. Three models for the description of language. *IRE Transactions on Information Theory*, v. 2, n. 3, p. 113-124, 1956.

COHEN, Louis; MANION, Lawrence. *Research methods in education*. 4. ed. Londres; Nova York: Routledge, 1997.

COLLINS, Karen. An introduction to procedural music in video games. *Contemporary Music Review*, v. 28, n. 1, p. 5-15, 2009.

COLLINS, Karen. From bits to hits: Video games music changes its tune. *Film International*, v. 12, 2005, p. 4-19.

COLLINS, Karen. *Game sound: an introduction to the history, theory, and practice of video game music and sound design*. MIT Press, 2008.

COLLINS, Karen. *Playing with sound: A theory of interacting with sound and music in video games*. MIT Press, 2013.

COLLINS, Karen et al. An introduction to the participatory and non-linear aspects of video game audio. In: *Essays on Sound and Vision*, 2007, p. 263-298.

COLLINS, Nick. The analysis of generative music programs. *Organised Sound*, v. 13, n. 3, p. 237-248, 2008.

COLLINS, Nick; BROWN, Andrew R. *Generative music editorial*, 2009.

COLLINS, Nick; MCLEAN, Alex. Algorave: Live performance of algorithmic electronic dance music. In: *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2014, p. 355-358.

COPE, David. *The Algorithmic Composer*. Madison: A-R Editions, 2000.

CORAZZA, Giovanni Emanuele. Potential originality and effectiveness: The dynamic definition of creativity. *Creativity Research Journal*, v. 28, n. 3, p. 258-267, 2016.

DANG, Hai et al. WorldSmith: Iterative and expressive prompting for world building with a generative AI. In: Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2023, p. 1-17.

DE CASTRO, Pedro Maria Resende Vieira. Geração de conteúdo procedimental para jogos com base em música. 2017. Tese (Doutorado em Ciências da Comunicação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

DE OLIVEIRA, Vitor Mendes. O uso do conceito de algoritmo nas pesquisas brasileiras em música. Anais do SIMPOM, n. 6, 2020.

DEMO, P. Metodologia do Conhecimento Científico. São Paulo: Atlas, 2000.

DORIN, Alan. Generative processes and the electronic arts. Organised Sound, v. 6, n. 1, p. 47-53, 2001.

DORIN, Alan et al. A framework for understanding generative art. Digital Creativity, v. 23, n. 3-4, p. 239-259, 2012.

EDWARDS, Michael. Algorithmic composition: computational thinking in music. Communications of the ACM, v. 54, n. 7, p. 58-67, 2011.

EIGENFELDT, Arne et al. Applying valence and arousal values to a unified video, music, and sound generative multimedia work. In: Generative Art Conference (GA), 2015.

EIGENFELDT, Arne et al. Towards a taxonomy of musical metacreation: Reflections on the first musical metacreation weekend. In: Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, 2013, p. 40-47.

EIGENFELDT, Arne et al. Video, music and sound metacreation. In: Proceedings of xCoAx, 2014.

EIGENFELDT, Arne. Generative music for live performance: Experiences with real-time notation. Organised Sound, v. 19, n. 3, p. 276-285, 2014.

ESSL, Georg; ROHS, Michael. ShaMus: A sensor-based integrated mobile phone instrument. In: Proceedings of the International Computer Music Conference ICMC, 2007, p. 50.

FERREIRA, Lucas Nascimento. Uma abordagem evolutiva para geração procedural de níveis em jogos de quebra-cabeças baseados em física. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

FERRARI, Fabian; MCKELVEY, Fenwick. Hyperproduction: A social theory of deep generative models. *Distinktion: Journal of Social Theory*, v. 24, n. 2, p. 338-360, 2023.

FILION, Louis Jacques. Visão e relações: elementos para um metamodelo empreendedor. *Revista de Administração de Empresas*, v. 33, p. 50-61, 1993.

FRICKER, Pia; OCHSENDORF, Mathias; STREHLKE, Kai. Generative interfaces and scenarios—Interaction in intelligent architecture. In: *The Quest for New Paradigms. eCAADe*, v. 23, 2005.

GABLER, Kyle et al. How to prototype a game in under 7 days. *Gamasutra*, v. 26, outubro de 2005.

GALANTER, Philip. Generative art theory. In: *A Companion to Digital Art*, 2016, p. 146-180.

GALANTER, Philip. What is generative art? Complexity theory as a context for art theory. 2003. Disponível em: [https://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003\\_paper.pdf](https://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003_paper.pdf). Acesso em: 20 out. 2024.

GINTERE, Ieva. A new digital art game: The art of the future. In: *Social Integration Education: Proceedings of the International Scientific Conference*, 2019, p. 346-360.

GOLDING, Dan. Finding Untitled Goose Game's dynamic music in the world of silent cinema. *Journal of Sound and Music in Games*, v. 2, n. 1, p. 1-16, 2021.

GOODFELLOW, Ian et al. Generative adversarial networks. *Communications of the ACM*, v. 63, n. 11, p. 139-144, 2020.

GRADIM, Rita; PESTANA, Pedro Duarte. Overview of generative processes in the work of Brian Eno. In: *11th Workshop on Ubiquitous Music (UbiMus)*, 2021, p. 45-56.

GUI, Jie et al. A review on generative adversarial networks: Algorithms, theory, and applications. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, v. 35, n. 4, p. 3313-3332, 2021.

HAMANAKA, Masatoshi; HIRATA, Keiji; TOJO, Satoshi. Implementing "A generative theory of tonal music". *Journal of New Music Research*, v. 35, n. 4, p. 249-277, 2006.

HANSEN, Niels Chr. The Legacy of Lerdahl & Jackendoff's A Generative Theory of Tonal Music: Bridging a significant event in the history of music theory and recent developments in cognitive music research. *Danish Yearbook of Musicology*, v. 38, p. 33-55, 2011.

HEDEMANN, Callum; SORENSEN, Andrew; BROWN, Andrew. Metascore: User interface design for generative film scoring. In: Proceedings of the Australasian Computer Music Conference 2008 – Sound: Space. Australasian Computer Music Association, 2008, p. 25-30.

HIGGINBOTHAM, James. Noam Chomsky's linguistic theory. *Social Research*, p. 143-157, 1982.

HUG, Daniel; MISDARIIS, Nicolas. Towards a conceptual framework to integrate designerly and scientific sound design methods. In: Proceedings of the 6th Audio Mostly Conference: A Conference on Interaction with Sound, 2011, p. 23-30.

HUNT, Samuel J. An analysis of repetition in video game music. In: Proceedings of the 3rd Joint Conference on AI Music Creativity, 2020, p. 1-7.

JACKENDOFF, Ray; LERDAHL, Fred. Generative music theory and its relation to psychology. *Journal of Music Theory*, v. 25, n. 1, p. 45-90, 1981.

JÄRVELÄINEN, Hanna. Algorithmic musical composition. In: Seminar on Content Creation Art@Science. Helsinki: University of Technology, Laboratory of Acoustics and Audio Signal Processing, 2000.

JUUL, Jesper. *Half-real: Video games between real rules and fictional worlds*. MIT Press, 2011.

KANT, Immanuel. *Crítica da razão pura*. 5. ed. Tradução de Manuela P. dos Santos e Alexandre F. Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

KESHLAF, Ayad Ali; HASHIM, Khairuddin. A model and prototype tool to manage software risks. In: Proceedings of the First Asia-Pacific Conference on Quality Software. IEEE, 2000, p. 297-305.

KIRKE, Alexis; MIRANDA, Eduardo R. Combining EEG frontal asymmetry studies with affective algorithmic composition and expressive performance models. Ann Arbor, MI: Michigan Publishing, University of Michigan Library, 2011.

LANGSTON, P. (1989). Six techniques for algorithmic music composition. In Proceedings of the International Computer Music Conference (p. 59). Citeseer.

LAVILLE, C., & DIONNE, J. (1999). *A construção do saber (Adaptation of Lana Mara Siman)*. Porto Alegre: Artmed e Editora UFMG.

LERDAHL, F., & JACKENDOFF, R. (1983). *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge: MIT Press.

LIU, C.-H., & TING, C.-K. (2016). Computational intelligence in music composition: A survey. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 1(1), 2-15.

LOMBARDO, G. (2010). *Composizione Algoritmica e Creativita' Automatica*. *Rivista di Psicologia dell'Arte*, 31(21), 3-6.

LOTFI, E., BELAHBIB, A., & BOUHORMA, M. (2014). Adaptation of rapid prototyping model for serious games development. *Journal of Computer Science and Information Technology*, 2(2), 173-183.

LOWRY, T. J. (1875). Solution of a problem in surveying. *The Analyst*, 2(1), 18–20.  
<https://doi.org/10.2307/2635683>

LIU, M.-Y., et al. (2021). Generative adversarial networks for image and video synthesis: Algorithms and applications. *Proceedings of the IEEE*, 109(5), 839-862.

MANARIS, B., STEVENS, B., & BROWN, A. R. (2016). JythonMusic: An environment for teaching algorithmic music composition, dynamic coding and musical performativity. *Journal of Music, Technology & Education*, 9(1), 33-56.

MANNING, P. (1985). *Electronic and computer music*. Oxford: Clarendon Press.

MARCHINI, M. (2016). *Ministrel: Composição algorítmica para leigos em música*. Undergraduate thesis, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

MENEGUETTE, L. (2011). *Aspectos cognitivos na teoria gerativa da música tonal*. TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, 5.

MENEZES, J. M. A. (2008). *Composição algorítmica de fugas ao estilo de JS Bach*. Doctoral thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MICROVISION. Milton Bradley. 1979. Videogame portátil.

MOSCHOVAKIS, Y. N. (2001). What is an algorithm? In B. Engquist & W. Schmid (Eds.), *Mathematics Unlimited — 2001 and Beyond* (pp. 1-16). Springer, Berlin, Heidelberg.

MOTTA, R. L., & JUNIOR, J. T. Short game design document (SGDD). In Proceedings of SBGames (pp. 115-121).

MUNDAY, Rod. Music in video games. *Music, Sound and Multimedia: From the Live to the Virtual*, p. 51-67, 2007.

MURCH, W. (2005). Dense clarity—clear density. *The Transom Review*, 5(1), 7-23.

NADDEO, D. N. L. B., et al. (2014). *Arte generativa: Uma análise conceitual, processual e referencial*. Undergraduate thesis, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

NAKE, F. (2018). The pioneer of generative art: Georg Nees. *Leonardo*, 51(3), 277–279.

O'ROURKE, M. (2014). *The ontology of generative music listening*. Doctoral thesis, Newcastle University, School of Arts and Cultures.

OLIVEIRA, N. F. B. (2015). *Music-based procedural content generation for games*. Doctoral thesis, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

PASQUIER, P., et al. (2017). An introduction to musical metacreation. *Computers in Entertainment (CIE)*, 14(2), 1-14.

PEARL, J. (2014). Interpretation and identification of causal mediation. *Psychological Methods*, 19(4), 459.

PEARL, J., & MACKENZIE, D. (2018). *The Book of Why: The New Science of Cause and Effect*. Hachette UK.

PEARL, J. (2010). An introduction to causal inference. *The International Journal of Biostatistics*, 6(2).

PEARL, J. (1998). Graphical models for probabilistic and causal reasoning. In *Quantified representation of uncertainty and imprecision* (pp. 367-389).

PIEVA, L., & BERNARDINO, M. (2022). Análise dos estudos de gerenciamento de projetos de jogos digitais: Uma revisão sistemática da literatura. In *Anais da VI Escola Regional de Engenharia de Software* (pp. 161-170).

PIEVA, L., & BERNARDINO, M. (2023). Trends and research in digital game project management: A systematic literature review. *Journal on Interactive Systems*, 14(1), 533-545.

PIRKER, J., KULTIMA, A., & GÜTL, C. (2016). The value of game prototyping projects for students and industry. In Proceedings of the International Conference on Game Jams, Hackathons, and Game Creation Events (pp. 54-57).

PLUT, C., & PASQUIER, P. (2020). Generative music in video games: State of the art, challenges, and prospects. *Entertainment Computing*, 33, 100337.

POTTS, R. (1879). *Elementary Algebra: With Brief Notices of Its History*. London: Longmans and Co.

PRECHTL, A., et al. Algorithmic music as intelligent game music. (2014).

ROJAS, D., et al. (2012). Developing effective serious games: The effect of background sound on visual fidelity perception with varying texture resolution. In *MMVR* (pp. 386-392).

RAGLIO, A., et al. (2021). Algorithmic music for therapy: Effectiveness and perspectives. *Applied Sciences*, 11(19), 8822.

REYES, A. (2016). The rise of procedural content generation: A historical perspective. *Games and Culture*, 11(1-2), 83-101.

ROADS, C. (1996). *The Computer Music Tutorial*. Boston: MIT Press.

ROBINSON, F. A., BOWN, O., & VELONAKI, M. (2022). Designing sound for social robots: Candidate design principles. *International Journal of Social Robotics*, 14(6), 1507-1525.

ROGERS, S. (2014). *Level Up! The guide to great video game design*. John Wiley & Sons.

ROJAS, D., et al. (2012). Developing Effective Serious Games: The Effect of Background Sound on Visual Fidelity Perception with Varying Texture Resolution. In *MMVR* (pp. 386-392).

RONDELEUX, Luc. Une histoire de l'informatique musicale entre macroforme et microcomposition. *Journées d'Informatique Musicale (JIM 99)*, 1999, Paris, France. Disponível em: <https://hal.science/hal-01994123/document>. Acesso em: 21 out. 2024.

ROSEBUSH, J. The Proceduralist Manifesto. In: *Leonardo, Computer Art in Context Supplemental Issue*, p. 55-56, 1989.

ROWN, Andrew; KERR, Thorin. Adaptive music techniques. In: Proceedings of Improvise: the Australasian Computer Music Conference 2009. Australasian Computer Music Association, 2009. p. 26-31.

SALAMANCA, Juan; GÓMEZ-MARÍN, Daniel; JORDÀ, Sergi. The Dynamic Creativity of Proto-artifacts in Generative Computational Co-creation. In: CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS, 2023. p. 98-107.

SEIDEL, S., BERENTE, N., & GIBBS, J. (2019). Designing with autonomous tools: Video games, procedural generation, and creativity.

SHEPPARD, D. (2009). *On Some Faraway Beach: The Life and Times of Brian Eno*. Chicago Review Press.

SILVA, M. V. J. F., & CORREA, A. F. (2023). A questão da não-linearidade no âmbito da composição para jogos digitais. *Musica Theorica*, 8(2), 122-145.

SUH, M., et al. (2021). AI as social glue: Uncovering the roles of deep generative AI during social music composition. In Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-11).

SAVAGE, M. S. & SALGUEIRO, J. R. (2023). Algoritmos e composições: O estado da arte da composição algorítmica e o seu uso na indústria dos jogos digitais. In XIV Seminário Nacional de Música na Educação (pp. 108-122).

SEIDEL, Stefan; BERENTE, Nicholas; GIBBS, John. Designing with autonomous tools: Video games, procedural generation, and creativity, 2019.

SHAKER, Noor; TOGELIUS, Julian; NELSON, Mark J. Procedural content generation in games. 2016.

SCHELL, Jesse. *The Art of Game Design: A book of lenses*. CRC press, 2008.

SHEPPARD, David. *On Some Faraway Beach: The Life and Times of Brian Eno*. Chicago Review Press, 2009.

SILVA, Mathews Justiniano; CORRÊA, Antenor Ferreira. A questão da não-linearidade no âmbito da composição para jogos digitais. In: *Revista Música Theorica*, Vol.8, No.2, 2023, pp.122-145.

SMITH, Gillian. An Analog History of Procedural Content Generation. In: FDG. 2015.

SNELL, John. Editorial Introduction. In: *Computer Music Journal*. MIT, Vol.1, No. 1, 1977.

SOUTE, Iris; LAGERSTRÖM, Susanne; MARKOPOULOS, Panos. Rapid prototyping of outdoor games for children in an iterative design process. In: *proceedings of the 12th international conference on interaction design and children*. 2013. p. 74-83.

SUH, Minhyang et al. AI as social glue: uncovering the roles of deep generative AI during social music composition. In: *Proceedings of the 2021 CHI conference on human factors in computing systems*. 2021. p. 1-11.

TATAR, K., & PASQUIER, P. (2019). Musical agents: A typology and state of the art towards musical metacreation. *Journal of New Music Research*, 48(1), 56-105.

THAYER, J. F., & LEVENSON, R. W. (1983). Effects of music on psychophysiological responses to a stressful film. *Psychomusicology: A Journal of Research in Music Cognition*, 3(1), 44.

TODOROVIC, V., & GRBA, D. (2019). Wandering machines: Narrativity in generative art. *Journal of Science and Technology of the Arts*, 11(2), 50-58.

TOGELIUS, J., et al. (2013). Procedural content generation: Goals, challenges and actionable steps.

TOGELIUS, J., et al. (2011). Search-based procedural content generation: A taxonomy and survey. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 3(3), 172-186.

TOGELIUS, J., et al. (2011). What is procedural content generation? Mario on the borderline. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Procedural Content Generation in Games* (pp. 1-6).

TOY, M., WICHMAN, G., & ARNOLD, K. (1981). *Rogue*.

TUIS, R. T. (2010). *432 Hertz: la Rivoluzione Musicale L'Accordatura Aurea per intonare la musica alla biologia*. Pádua: NEXUS Edizioni.

TURING, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460.

WHARTON, A., & COLLINS, K. (2011). Subjective measures of the influence of music customization on the video game play experience: A pilot study. *Game Studies*, 11(2).

WHALEN, Z. (2007). Case study: Film music vs. video-game music: The case of Silent Hill. In *Music, Sound and Multimedia: From the Live to the Virtual* (pp. 68-81).

WOOLLER, R., et al. (2005). A framework for comparison of process in algorithmic music systems. In *Generative Arts Practice* (pp. 109-124).

WORRALL, D. (1994). Procedural composition: An overview. In *Proceedings of Synaesthetica 94 Symposium, Canberra*. Available at: <https://www.avatar.com.au/downloads/papers/Procedural%20Composition.pdf>

YANG, L.-C., & LERCH, A. (2018). On the evaluation of generative models in music. *Neural Computing and Applications*, 32(9), 4773-4784.

ZATTRA, L. (2011). *Studiare la computer music: definizioni, analisi, fonti*. Padova: Libreria Universitaria.

### ***Referências de Jogos***

ARKANOID. Japão: Taito, 1986. [Arcade].

CIVILIZATION VI. Novato, Califórnia: Firaxis Games, 2016. [PC, Mac, iOS, Nintendo Switch, PlayStation 4, Xbox One].

DEAD CELLS. Bordeaux: Motion Twin, 2018. [PC, Nintendo Switch, PlayStation 4, Xbox One].

FINAL FANTASY. Japão: Square, 1987. [Nintendo Entertainment System].

GAUNTLET. Japão: Atari Games, 1985. [Arcade].

GRIS. Barcelona: Nomada Studio, 2018. [PC, Nintendo Switch, PlayStation 4].

HADES. São Francisco: Supergiant Games, 2020. [PC, Nintendo Switch, PlayStation 4, PlayStation 5, Xbox One, Xbox Series X/S].

HOLLOW KNIGHT. Adelaide, Austrália: Team Cherry, 2017. [PC, Nintendo Switch, PlayStation 4, Xbox One].

KINGDOM: NEW LANDS. Países Baixos: Noio, 2016. [PC, Nintendo Switch, iOS, Android].

METROID. Japão: Nintendo R&D1, 1986. [Nintendo Entertainment System].

NO MAN'S SKY. Reino Unido: Hello Games, 2016. [PC, PlayStation 4, Xbox One].

RISK. EUA: Hasbro, 2008. [PC, iOS, Android].

ROGUE. EUA: Toy, Arnold e Wichman, 1980. [PC].

STREET FIGHTER VI. Japão: Capcom, 2023. [PlayStation 4, PlayStation 5, PC, Xbox Series X/S].

STREETS OF RAGE 4. França: Dotemu, 2020. [PC, Nintendo Switch, PlayStation 4, Xbox One].

SUPER MARIO WORLD. Japão: Nintendo, 1990. [Super Nintendo Entertainment System].

TEENAGE MUTANT NINJA TURTLES: SHREDDER'S REVENGE. França: Dotemu, 2022. [PC, Nintendo Switch, PlayStation 4, PlayStation 5, Xbox One, Xbox Series X/S].

THE LEGEND OF ZELDA. Japão: Nintendo, 1986. [Nintendo Entertainment System].

THE LEGEND OF ZELDA: A LINK TO THE PAST. Japão: Nintendo, 1991. [Super Nintendo Entertainment System].

TIMES OF LORE. EUA: Origin Systems, 1988. [PC, Commodore 64, Nintendo Entertainment System].

UNTITLED GOOSE GAME. Melbourne, Austrália: House House, 2019. [PC, Nintendo Switch, PlayStation 4, Xbox One].

YU-GI-OH! DUEL LINKS. Japão: Konami, 2017. [PC, iOS, Android].

