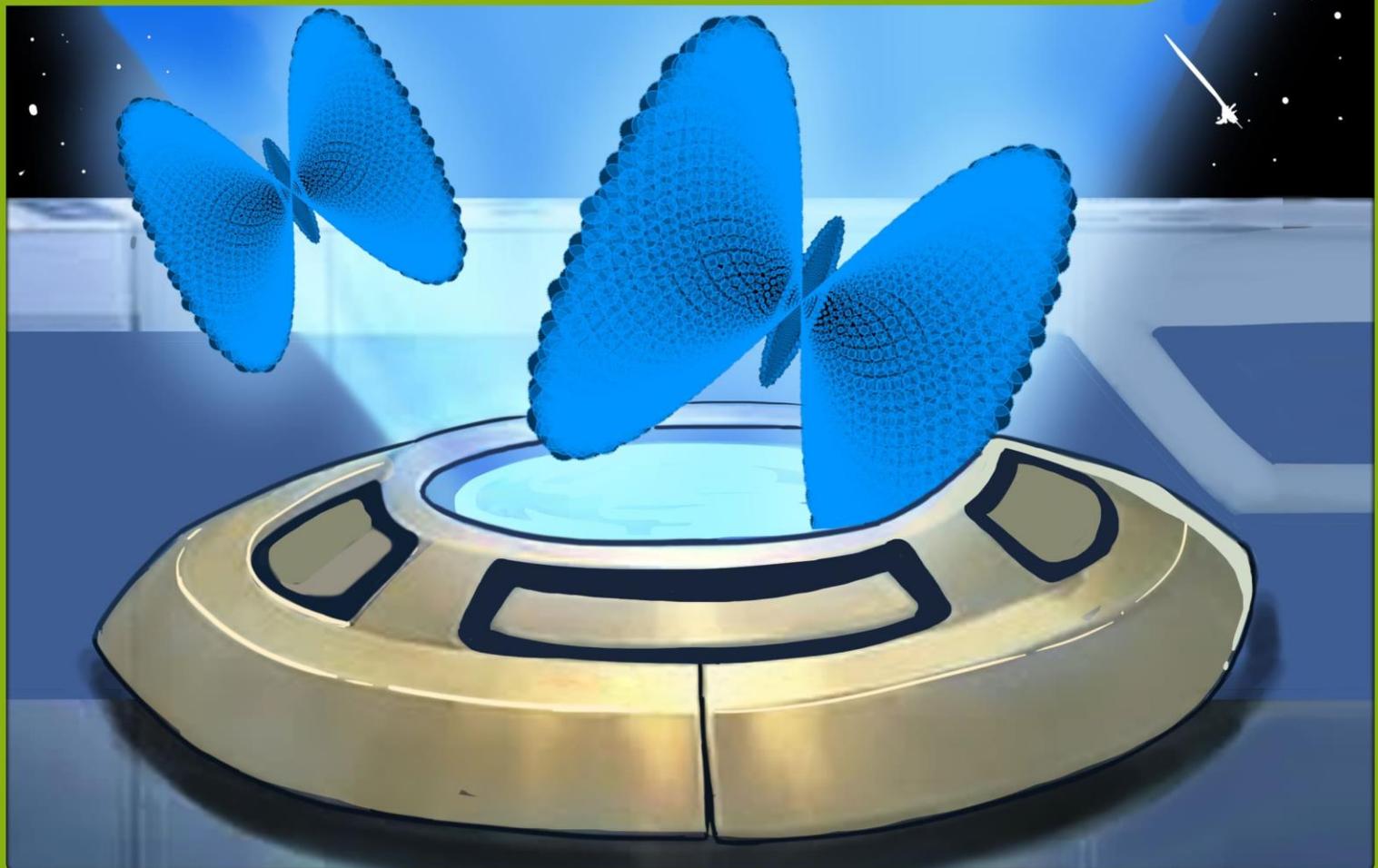


A dor física
Permanece,
Mas agora
Eu me sinto
Livre.
Me aceita como sou.
(Kim Phuc).

A ARTE DE PROGRAMAR:

UM ENCONTRO CRIATIVO E INOVADOR ENTRE A PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA E A ARTE COMPUTACIONAL.

-Franco de Miranda Sérgio Neto-





UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIAS APLICADAS A ENSINO E EXTENSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CRIATIVIDADE E INOVAÇÃO
EM METODOLOGIAS DE ENSINO SUPERIOR
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO

Franco de Miranda Sérgio Neto

**A ARTE DE PROGRAMAR: UM ENCONTRO CRIATIVO E
INOVADOR ENTRE A PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA E A
ARTE COMPUTACIONAL**

BELEM- PARÁ
2022

Franco de Miranda Sérgio Neto

**A ARTE DE PROGRAMAR: UM ENCONTRO CRIATIVO E
INOVADOR ENTRE A PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA E A
ARTE COMPUTACIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Criatividade e Inovação em Metodologias de Ensino Superior do Núcleo de Inovação e Tecnologias Aplicadas a Ensino e Extensão da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino. Área de Concentração: Metodologias de Ensino-Aprendizagem. Linha de Pesquisa: Inovações Metodológicas no Ensino Superior (INOVAMES)

Orientador(a): Cristina Lúcia Dias Vaz

BELÉM-PARÁ
2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Biblioteca Central/UFPA-Belém-PA**

S485a Sérico Neto, Franco de Miranda, 1978-

A arte de programar : um encontro criativo e inovador entre a programação científica e a arte computacional / Franco de Miranda Sérico Neto. — 2022.

107 f. + 1 recurso eletrônico

Acompanha 1 recurso eletrônico com o título: A arte de programar

Modo de acesso: <https://www.matematicaearte.com/artedeprogramar>

Orientador: Cristina Lúcia Dias Vaz

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Inovação e Tecnologias Aplicadas a Ensino e Extensão, Programa de Pós-graduação Criatividade e Inovação em Metodologias de Ensino Superior, Mestrado profissional em Ensino, Belém, 2022.

Inclui bibliografias

1. Programação (Computação) – Estudo e ensino. 2. Arte por computador. 3. Criatividade na tecnologia. 4. Processing (Linguagem de programação). I. Título.

CDD 23. ed. – 005.1

Franco de Miranda Sérgio Neto

A ARTE DE PROGRAMAR: UM ENCONTRO CRIATIVO E INOVADOR ENTRE A PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA E A ARTE COMPUTACIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Criatividade e Inovação em Metodologias de Ensino Superior do Núcleo de Inovação e Tecnologias Aplicadas a Ensino e Extensão da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino. Área de Concentração: Metodologias de Ensino-Aprendizagem. Linha de Pesquisa: Inovações Metodológicas no Ensino Superior (INOVAMES)

Orientador(a): Cristina Lúcia Dias Vaz

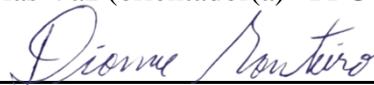
RESULTADO: (X) Aprovado () Reprovado

DATA: 18/07/2022.

COMISSÃO EXAMINADORA



Cristina Lúcia Dias Vaz (orientador(a) – PPGCIMES/UFPA)



Dionne Cavalcante Monteiro (examinador(a) interno(a) – PPGCIMES/UFPA)



Paulo Vilhena da Silva (examinador(a) externo(a) – PROFMAT/UFPA)



Documento assinado digitalmente

Claudia Regina Flores

Data: 19/07/2022 14:28:13-0300

CPF: 888.905.899-49

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Claudia Regina Flores (examinador(a) externo(a) – PPGECT/UFSC)

BELÉM-PARÁ

2022

Dedico este trabalho a
meus pais, Antônio Sérgio e Rosa Sérgio,
meus irmãos Felipe Sérgio e Lorena Sérgio,
meu esposo Fábio Salgado,
minha amiga Karla Serrão,
minha orientadora e amiga, Cristina Vaz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que fizeram parte da minha trajetória pessoal, acadêmica e profissional; àqueles que acreditaram e estiveram presentes ao longo desta caminhada nas trilhas da aprendizagem.

Aos meus pais, Antônio Sérgio e Rosa Sérgio que dedicaram de seu tempo na arte de educar seus filhos e ensinar o valor da educação como um instrumento de transformação; aos meus irmãos Felipe Sérgio e Lorena Sérgio pelo amor e carinho que sempre tiveram comigo, pelos diálogos e pelas reflexões que edificaram nossas relações e fortaleceram o nosso elo familiar; ao meu esposo Fábio Salgado por estar ao meu lado e me apoiar na minha jornada pelo mestrado.

À minha amiga Karla Serrão pela sua amizade, por sempre acreditar em minha potencialidade e por estar presente diariamente em minha vida; ao meu amigo Gustavo Nascimento pelas trocas de saberes desde a adolescência que me motivaram a trilhar a área da informática.

À professora Guaciara Barbosa pelo seu acolhimento e profissionalismo em seu trabalho de mentoria durante minha preparação para ingressar no mestrado.

À minha orientadora, professora e amiga Cristina Vaz, por todo o amor, toda dedicação, pelas trocas de saberes, por ter me apresentado o método da cartografia como método de pesquisa que causou transformações no meu processo de aprendizagem.

À professora Tania Loureiro pela troca de saberes e pelos diálogos sobre construção de narrativa; ao Neto Coelho pela colaboração na produção das ilustrações da minha dissertação e ao Ivo Barbosa pelas trocas de saberes em programação científica.

Aos professores do Programa de Pós-graduação Criatividade e Inovação em Metodologias de Ensino Superior - PPGCIMES e aos demais funcionários da UFPA que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação acadêmica.

Aos meus colegas de mestrado Adriana Nascimento, Ana Paula Cruz, Camilla Freitas, Claudiane Amorim, Daniel Santos, Eliene Monteiro, Leidiane Rodrigues, Monica Figueredo e Rinaldo Mescouto que formaram um grupo de estudos, apoio emocional e resistência para viver um mestrado durante a pandemia.

Aos cartemáticos Edilson Neri, Helena Rocha, Letícia Monteiro, Lidiane Carvalho e Maria Mariane que me acolheram no grupo de pesquisa e em suas vidas.

À Juliana Souza e ao Luciano Begot pelas trocas de saberes sobre a matemática que me auxiliaram durante a pesquisa.

À Bárbara Moraes, Diana Araújo, Karla Serrão e Silvia Barbosa que participaram do processo criativo das produções das obras em arte computacional intitulada “Diversidade Codificada”.

RESUMO

“A arte de programar: um encontro criativo e inovador entre a programação científica e a arte computacional” é o tema desta pesquisa que tem como objetivo investigar as potencialidades da arte computacional para promover uma aprendizagem criativa em programação científica. A inquietação principal da pesquisa foi a seguinte pergunta: quais potencialidades da arte computacional promovem uma aprendizagem criativa em programação científica? Entendendo a arte computacional como um caminho promissor para o desenvolvimento da criatividade e da inovação em programação científica, a pesquisa explorou obras e os processos criativos de artistas computacionais como Waldemar Cordeiro e Hamid Naderi Yeganeh. Como metodologia de pesquisa adotamos o método da cartografia, inspirado no conceito dos autores Deleuze e Guattari (1995), que propõem essencialmente, no contexto da pesquisa-intervenção, acompanhar movimentos, processos e os entrelaçamentos nos territórios investigados. Como tratado por Passos, Kastrup e Escóssia (2015), a cartografia torna-se a própria expressão do subjetivo, dos percursos, este que nunca é dado *a priori*, mas que será descoberto durante o caminho. Assim, o trabalho de pesquisa se torna um exercício de mapear a vida e seus processos, desenhar as forças que movimentam e transformam a pesquisa nos territórios investigados. Deste modo, os movimentos de uma cartografia são orientados por pistas que possibilitarão ao pesquisador-cartógrafo lançar, sob os objetos de estudos, um olhar intenso afim de entender os seus formatos num movimento de construção e invenção. Para esta pesquisa foram selecionadas quatro pistas: pesquisa-intervenção, atenção do cartógrafo, acompanhar processos e uma política de narrativa. A política de narrativa adotada foi inspirada nas histórias em quadrinhos e na obra cinematográfica *Star Wars* para criação de personagens cuja missão é explorar os territórios da programação científica e da arte computacional. A pesquisa é narrada em quatro episódios. No Episódio I, investiga-se os referenciais teóricos sobre a aprendizagem criativa. No Episódio II, explora-se o potencial criativo da linguagem *Processing* no contexto da investigação. No Episódio III, mapeia-se os processos criativos dos artistas Waldemar Cordeiro e Hamid Naderi Yeganeh em busca de conexões entre programação científica e arte computacional, e também de inspiração para produções autorais com *Processing - p5.js* para web. No Episódio IV, apresentamos o principal produto da dissertação: o site “Arte de programar”, com galerias de arte em 3D e conteúdo interativo.

Palavras-chave: Aprendizagem Criativa. Arte Computacional. Criatividade. Programação Científica. *Processing*. Método Da Cartografia.

ABSTRACT

The art of programming: a creative and innovative encounter between scientific programming and computer art is the theme of this research that aims to investigate the potential of computer art to promote creative learning in scientific programming. The main concern of the research was the following question: what potentialities of computer art promote creative learning in scientific programming? Understanding computer art as a promising path for the development of creativity and innovation in scientific programming, this research explored works and the creative processes of computer artists such as Waldemar Cordeiro and Hamid Naderi Yeganeh. As for the research methodology, we adopted the cartography method, inspired by the concept of the authors Deleuze and Guattari (1995), who essentially propose, in the context of intervention research, to follow movements, processes and entanglements in the investigated territories. As discussed by Passos, Kastrup and Escóssia (2015), cartography becomes the very expression of the subjective, of the paths, which is never given a priori, but will be discovered along the process. Thus, the research work becomes an exercise in mapping life and its processes, drawing the forces that move and transform research in the investigated territories. In this way, the movements of a cartography are guided by clues that will allow the researcher-cartographer to do, under the objects of study, an intense observation to understand their formats in a movement of construction and invention. For this research, four clues were selected: intervention research, cartographer attention, monitoring processes and a narrative policy. The narrative policy adopted was inspired by comic books and the cinematographic work *Star Wars* to create characters whose mission is to explore the territories of scientific programming and computer art. The research is narrated in four episodes. In Episode I, the theoretical references on creative learning are investigated. In Episode II, the creative potential of the Processing language is explored in the context of research. In Episode III, the creative processes of artists Waldemar Cordeiro and Hamid Naderi Yeganeh are mapped in search of connections between scientific programming and computer art, as well as inspiration for authorial productions with Processing - p5.js for the web. In Episode IV, we present the main product of the thesis: the website *Arte de programar*, with 3D art galleries and interactive content.

Keywords: creative learning; computer art; creativity; scientific programming; processing; cartography method.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mace Windu	18
Figura 2- Depa Billaba	19
Figura 3 – Holocron	20
Figura 4 - Oscillon	26
Figura 5 - Matrizenmultiplikationen	26
Figura 6 – 13/9/65 Nr. 2 ("Hommage à Paul Klee")	27
Figura 7 – Computers and Automation	27
Figura 8 - O retrato de Fabiana. Waldemar Cordeiro (1970)	28
Figura 9 – Beautiful Bug. (codificado por Vamooss)	31
Figura 10 – Releitura de “Beautiful Bug”	33
Figura 11 – Interface do Processing	34
Figura 12 – Explosão Criativa	35
Figura 13 – Interface p5.js	36
Figura 14 – Giro dos confetes	37
Figura 15 - A Mulher Que Não é BB	41
Figura 16 - Estrutura Plástica, 1949	43
Figura 17 - Composição II em Vermelho, Azul e Amarelo	44
Figura 18 - Unidade Tripartida	45
Figura 19 – Manifesto Ruptura	46
Figura 20 – Obras de Waldemar Cordeiro	47
Figura 21– Fase Popcreto – Waldemar Cordeiro	47
Figura 22 – Diversidade Codificada (Kim Phuc) em execução	55
Figura 23 – Diversidade Codificada (Kim Phuc)	55
Figura 24 – Diversidade Codificada (Karla Serrão)	58
Figura 25 – Flower	61
Figura 26 – Butterfly(1)	62

Figura 27: Borboleta Pride	64
Figura 28: Borboleta Metamorfose	66
Figura 29: Borboleta Metamorfose 2	67
Figura 30: Borboleta Metamorfose 3	67
Figura 31 – Rosáceas	69
Figura 32 – Curva da Borboleta amarela	70
Figura 33 – Curva da borboleta (por Luciano Begot)	71
Figura 34: Borboleta Metamorfose 4	72
Figura 35 – Modelo de Qualidade da Norma ISO 9126	79
Figura 36: Exposição digital Van Gogh	82
Figura 37: Klimt vs. Klimt – Pocket Gallery	83
Figura 38: Masp em Street view	83
Figura 39: Bruegel: a fall with the Rebel Angels [Virtual Reality]	84
Figura 40 – Página inicial do site: A arte de programar	84
Figura 41 – Galeria virtual interativa do site: A arte de programar	85
Figura 42 – Galeria virtual interativa com Web3D	86
Figura 43 – Página de interação com os códigos	86
Figura 44 – Esboço da Galeria virtual interativa com Web3D	87
Figura 45: Plataforma Artstep: Passo1 – definir espaço	88
Figura 46 – Galeria de Arte Computacional no Artstep	88
Figura 47: Interface Unity	89
Figura 48: produção da galeria virtual no Unity	90
Figura 49– Painel de opções das artes computacionais	91
Figura 50: galeria virtual interativa	91
Figura 51- site “A Arte de Programar”	92
Figura 52 - site: A Arte de Programar: Waldemar Cordeiro	92
Figura 53 - site: Exposição: Diversidade Codificada	93

Figura 54 - site: A Arte de Programar: Hamid Naderi	93
Figura 55 – site: Exposição Metamorfoses	94
Figura 56 – site: galeria 1	94
Figura 57: site: Galeria 2	95
Figura 58 – editor Web p5.js	95

SUMÁRIO

EPISÓDIO I – O CAMINHAR DE UM JEDI PESQUISADOR CARTÓGRAFO EM BUSCA DE UMA APRENDIZAGEM CRIATIVA -----	12
1.1 CONHEÇA A FORÇA DO MÉTODO DA CARTOGRAFIA-----	13
1.2 OS PILARES DA FORÇA: APRENDIZAGEM CRIATIVA-----	19
EPISÓDIO II - O DESPERTAR DE UMA APRENDIZAGEM CRIATIVA EM PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA -----	25
2.1 A ARTE COMPUTACIONAL-----	25
2.2 A ARTE DE PROGRAMAR COM O PROCESSING-----	30
EPISÓDIO III – A ARTE DE PROGRAMAR: ARTEONICA E MATEMÁTICA -----	41
3.1 A ARTE DE PROGRAMAR COM WALDEMAR CORDEIRO-----	42
3.2 A ARTE DE PROGRAMAR COM HAMID NADERI YEGANEH-----	61
EPISÓDIO IV - A ARTE DE CRIAR UMA GALERIA VIRTUAL -----	75
4.1 – A ARTE DE PROGRAMAR COM INTERATIVIDADE-----	82
4.2 EXPOSIÇÃO DIGITAL EM ARTE COMPUTACIONAL-----	87
EPISÓDIO FINAL - A ARTE DE PROGRAMAR: UMA NOVA ESPERANÇA -----	97
REFERÊNCIAS -----	101



EPISÓDIO 1



EPISÓDIO I – O CAMINHAR DE UM JEDI PESQUISADOR CARTÓGRAFO EM BUSCA DE UMA APRENDIZAGEM CRIATIVA

Ano 44 ABY¹ na Era da Grande Paz da República é chegado o dia do meu retorno ao Alto Conselho Jedi. Um ano se passou desde nosso último encontro, em que apresentei minhas intenções de pesquisa. Depois deste teste, chamado qualificação do Cavaleiro Jedi pesquisador cartógrafo, saí em busca dos ensinamentos e das respostas para as minhas inquietações. Hoje volto à presença deste conselho trazendo na bagagem, as experiências, os afetos e as vivências conquistadas ao longo do meu percurso como pesquisador Jedi Cartógrafo.

Durante o trajeto até a sede do conselho, acompanhado de minha aprendiz Jedi pesquisadora cartógrafa, padawan² Depa Billaba, observei a paisagem urbana do planeta Coruscant, que abriga a cidade do Senado da República Galáctica e a sede central do Templo Jedi, em meio aos seus arranha-céus e trânsito intenso de veículos aéreos. Avistei de longe as torres do templo, e, neste instante, minha mente foi arrebatada pelas memórias da última reunião do conselho na qual fui questionado pelo Grande Mestre Jedi cartógrafo sobre minhas indagações e intenções de pesquisa.

Perante o Conselho, respondi-lhe que a pesquisa é intitulada A arte de programar: um encontro criativo e inovador entre a programação científica e a arte computacional, e que se originou das minhas preocupações e anseios perante os desafios vivenciados em minha trajetória acadêmica como professor de programação científica. Depois que vários aprendizados no mestrado do PPGCIMES, estas preocupações e anseios traduziram-se nas seguintes perguntas: Quais potencialidades da arte computacional promovem uma aprendizagem criativa em programação científica? Quais potencialidades da arte computacional dos artistas Waldemar Cordeiro e de Hamid Naderi Yeganeh promovem uma aprendizagem criativa em programação científica? Como a linguagem de programação *Processing* pode potencializar uma aprendizagem criativa em programação científica?

Movido pelo desejo de responder estes questionamentos relembro o meu principal objetivo: investigar as potencialidades da arte computacional que promovam uma aprendizagem criativa

1 A batalha de Yavin é o evento que marca a destruição da Estrela da Morte, a queda do Império e a vitória da Aliança Rebelde, por isso, essa data passou a ser o marco zero do calendário, dividido em antes (ABY) e depois (DBY) da batalha de Yavin. (ANDERSON; WALLACE, 2000, p. 4).

2 Aprendiz de jedi, sensível a força, que após passar pelas provas de iniciação, passa a acompanhar um Cavaleiro Jedi para evoluir no aprendizado da força (WALLACE, 2010).

em programação científica. Com estes pensamentos rondando a minha cabeça, fui caminhando em direção a sede central do Templo Jedi.

1.1 CONHEÇA A FORÇA DO MÉTODO DA CARTOGRAFIA.

De volta ao Templo, chegou o momento de entrar na sala do Alto conselho e apresentar os resultados do caminhar desta pesquisa. Após proferir o juramento Jedi, um silêncio tomou conta da sala, era o sinal para que eu iniciasse a minha fala e, assim, o fiz.

Comecei relatando os ensinamentos realizados com a minha *Padawan* cartógrafo Depa Billaba sobre a metodologia de pesquisa, o método da cartografia, um dos fundamentos do código Jedi Cartógrafo na Biblioteca do Templo Jedi, que possui a maior fonte de dados da Galáxia armazenados eletrônica e holograficamente em livros no formato de *holobooks*. É preciso conhecer e vivenciar o método da cartografia para se tornar um Jedi Cartógrafo praticante da força criativa, e esta foi uma grande oportunidade de aprendizagem para a minha *Padawan* cartógrafo Depa Billaba.

A Biblioteca do Templo tem uma arquitetura no formato de uma câmara cruciforme, no centro uma grande rotunda e nas pontas quatro alas com os milhares de arquivos: história e filosofia da Ordem Jedi, as ciências e físicas, a geografia e a estrutura política da galáxia e a natureza e diversidade dos seres vivos. Ao chegarmos até à Biblioteca, Depa Billaba não escondeu o seu encantamento diante de sua arquitetura imponente, com seus incontáveis corredores com inúmeras prateleiras de livros *holobooks*, que mais pareciam um labirinto.

Retirei de uma prateleira o *holobook* do livro *Mil Platôs*, de Gilles Deleuze e Félix Guattari (1995), e disse para ela começar seus estudos sobre o método da cartografia por ele. Pressenti sua dúvida quanto a escolha do método, e antes mesmo que perguntasse, respondi que a escolha do método da cartografia como metodologia de pesquisa tem como objetivo acompanhar processos por meio de uma pesquisa interventiva, conduzida por pistas que levam aos caminhos da experimentação vivenciada no percurso da pesquisa, inspirado no conceito de Deleuze e Guattari (1995) - cartografia para construir mapas, acompanhar movimentos e processos, cartografar territórios em transformação, pois "...o mapa é aberto, é conectável em todas as suas dimensões, desmontável, reversível, suscetível de receber modificações constantemente." (DELEUZE; GUATTARI, 1995, p.21)

Atenta às minhas palavras, continuei explicando extensamente que a cartografia é proposta como um método de pesquisa intervenção, "[...] pois a intervenção sempre se realiza

por um mergulho na experiência que agencia sujeito e objeto, teoria e prática, num mesmo plano de produção ou de coemergência o que podemos designar como plano da experiência.” (PASSOS; BARROS, 2015, p.17). Linguagem, raciocínio, coordenação, explicação, medição, compreensão, notação, operações, relações simbólicas, geometrias das imagens, acordos e contrastes, sequências infinitas, equivalências, repetições, variações estão em jogo na criação de uma cartografia (DELEUZE; GUATTARI, 1995).

Acrescentei que o problema a ser investigado com o método cartográfico não é um tesouro a ser descoberto em uma ilha perdida, mas seu objeto de criação. A criação, em seu sentido mais importante e livre, é a criação de problemas (Deleuze, 1995), e conforme apresentadas por Passos, Kastrup e Escóssia (2015), a cartografia torna-se a própria expressão do subjetivo, dos percursos, este que nunca é dado *a priori*, mas que será descoberto. Assim, o trabalho de pesquisa torna-se um exercício de mapear a vida e seus processos, desenhar as forças que movimentam e transformam a pesquisa nos territórios investigados. Deste modo, os movimentos de uma cartografia são orientados por pistas que possibilitarão ao pesquisador-cartógrafo lançar sob os objetos de estudos um olhar intenso para entender os seus formatos num movimento de construção e invenção. Para esta pesquisa foram selecionadas quatro pistas: pesquisa-intervenção, atenção do cartógrafo, acompanhar processos e uma política de narrativa.

Enquanto falava, pude perceber as inquietações da *Padawan* diante desse novo conhecimento. “Acompanhar processos”, “pesquisa interventiva”, “cartografar”, “construir mapas”, “seguir pistas”, muitos conceitos novos para serem aprendidos. Disse-lhe que se acalmasse e pedi-lhe que me acompanhasse até a sala das mil fontes, localizada na base do Templo Jedi, um local calmo com um lindo jardim e quedas d’águas, utilizado para práticas de meditação. Deixei-a sozinha para que ela fizesse suas reflexões sobre o método; mas, antes de sair, entreguei o *holobook* do livro *Pistas do Método da Cartografia* de PASSOS, E; KASTRUP, V; ESCÓSSIA, L. (2015) para ampliar seu aprendizado sobre o uso da cartografia como método de pesquisa.

Retornei, depois de algumas horas, e percebi uma tranquilidade em seu semblante. Com uma atitude confiante, ela veio ao meu encontro relatar suas descobertas. Falou-me que a afirmativa “Toda pesquisa é intervenção” de Passos e Barros (2015), causou-lhe um certo estranhamento inicial, e continuou dizendo que agora entendia que existe uma conexão entre o “conhecer e fazer” e que o pesquisador cartógrafo deve vivenciar a experiência da pesquisa, não como observador, mas como participante. Depa Billaba citou que “A cartografia como

método de pesquisa é o traçado desse plano da experiência, acompanhando os efeitos (sobre o objeto, o pesquisador e a produção do conhecimento) do próprio percurso da investigação” (PASSOS; BARROS In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015, p.18).

Contente com sua resposta, complementei dizendo que, no método da cartografia, o pesquisador cartógrafo não segue um conjunto de regras prontas. Isso não significa que ele esteja à deriva, sem alguma orientação. Ele segue pistas que o orientam no percurso da pesquisa enquanto ele constituindo-se e constituí o caminho. Citei que “Conhecer o caminho de constituição de dado objeto equivale a caminhar com esse objeto, constituir esse próprio caminho, constituir-se no caminho. Esse é o caminho da pesquisa-intervenção”. (PASSOS; BARROS In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015, p.31)

Sobre isso, disse-lhe que se tratava de um saber que vem do fazer no processo da pesquisa, a que propôs investigar as potencialidades da arte computacional para promover uma aprendizagem criativa em programação científica, para tal, fizemos uso deste método para cartografar os entrelaçamentos da programação científica com a arte computacional, seus processos e produtos, por meio de intervenção, curadoria e produção. Sobre curadoria disse-lhe que, segundo Vaz e Rocha (2018), o processo de “curar” define-se por realizar curadorias de conteúdo com o método da cartografia, envolvendo pesquisa, descobertas, seleção, categorização e organização de conteúdos capazes de contribuir para o entendimento dos contextos teóricos e práticos da pesquisa. O processo de “fazer” é a ação de interpretar as curadorias e realizar produções criativas com o método da cartografia que podem ser materializadas em produtos criativos de diferentes formatos.

Não esperei que ela me interrompesse e prossegui com minhas indagações a respeito do seu aprendizado sobre as pistas do método da cartografia. No entanto, ciente da necessidade da retórica na aprendizagem, perguntei para a *Padawan*, pesquisadora cartógrafa, sobre o funcionamento da atenção do cartógrafo durante a produção dos dados pesquisa. Ela me respondeu que o cartógrafo deve buscar desenvolver uma atitude atencional e que o pesquisador estabelece, diante do conhecimento e do mundo, uma atitude investigativa mutável; ainda sobre esta atitude, citou dos autores que: “pode assumir diferentes posicionamentos: seletivo ou flutuante, focado ou desfocado, concentrado ou disperso, voluntário ou involuntário, em várias combinações[...], etc.” (KASTRUP, In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015, p. 33)

Em Kastrup (2015), Depa Billaba entendeu que o pesquisador cartógrafo levado inicialmente por uma atenção flutuante, sem direcionar a algo específico, passa a alternar para

uma atenção seletiva movido pelo interesse e aplicação na ação e pausa a sua atenção seletiva para escolher dentre os vários elementos que atingem os seus sentidos e pensamento, aqueles que servirão para a produção dos dados da pesquisa. “Pelo caminho das ciências cognitivas, a atenção, como flutuação de base da cognição, pode explicar as duas modalidades anteriormente citadas – a seletiva e a flutuante” (KASTRUP, In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015, p. 37).

Billaba continuou citando Kastrup (2015) ao dizer que existem quatro variedades do funcionamento atencional do pesquisador cartógrafo: o rastreo, o toque, o pouso e o reconhecimento atento. O rastreo no sentido de varrer o campo em busca de sinais, rastros ou evidências que o levarão ao encontro com o objeto de pesquisa, sempre atento às mudanças. “A atenção do cartógrafo é, em princípio, aberta e sem foco, e a concentração se explica por uma sintonia fina com o problema” (KASTRUP, In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015, p. 40). O toque acontece quando a atenção é tocada por algo que se destaca e pede atenção, e aciona o processo de seleção. “É signo de que há um processo em curso, que requer uma atenção renovadamente concentrada” (KASTRUP, In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015, p. 42).

Importante explicar-lhe que o pouso direciona a atenção para o campo de observação e “um novo território se forma, o campo de observação se reconfigura. A atenção muda de escala” (KASTRUP, In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015, p. 43). Dando passagem para o reconhecimento atento, numa atitude investigativa do pesquisador cartógrafo que, ao acompanhar um processo e cartografar territórios, ele faz um reconhecimento atento para configurar territórios de observação e produzir conhecimentos no percurso da pesquisa, “pois o que está em jogo é acompanhar um processo, e não representar um objeto” (KASTRUP, In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015, p. 45).

É necessário enfatizar que, durante a pesquisa, buscou-se desenvolver a atenção no trabalho do cartógrafo e acompanhar os processos de investigar as potencialidades do processo artístico-computacional, as influências, inspirações, obras e processos criativos dos artistas Waldemar Cordeiro e Hamid Naderi Yeganeh no contexto da arte computacional para promover uma aprendizagem criativa em programação científica utilizando a linguagem *Processing* em produções autorais.

Era notório o progresso de Depa Billaba no aprendizado sobre o método da cartografia; contudo, faltava certificar o seu entendimento sobre a pista: cartografar é acompanhar processos, muito importante para o trabalho do pesquisador cartógrafo que, ao entrar em campo,

habitar territórios não usuais, ou não habitados por ele anteriormente. Ele observa, participa, modifica e é modificado pela experiência na investigação de processos. (BARROS; KASTRUP, In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015). Perguntei se ela entendia a relevância dessa pista à sua atuação como Jedi pesquisadora cartógrafa?

Ela parou atônita e refletiu por um instante sobre tudo o que eu havia dito, e respondeu que essa pista a tinha intrigado muito. Foi preciso reler para entender com profundidade o conceito de acompanhar processos, não no sentido de processamento, todavia de processualidade. Para isso fez outra citação: “O objeto-processo requer uma pesquisa igualmente processual e a processualidade está presente em todos os momentos – na coleta, na análise, na discussão dos dados e [...] na escrita dos textos.” (BARROS; KASTRUP, In. PASSOS; KASTRUP; ESCÓSSIA, 2015, p.59)

Após perceber o progresso dela sobre o método da cartografia apresentei a pista: política da narratividade como uma forma de contar os acontecimentos, os percursos, os processos, os encontros, os movimentos e as mudanças ocorridas ao longo do trajeto da pesquisa. A fim de fazê-la entender que esse método permite utilizar elementos da narração para abordar as práticas e experiências vivenciadas pelo pesquisador cartógrafo ao longo da pesquisa, citei Passos e Barros (2015, p.151) “Nesse sentido, podemos pensar a política da narratividade como uma posição que tomamos quando, em relação ao mundo e a si mesmo, definimos uma forma de expressão do que se passa, do que acontece”.

É importante aqui explicar a narrativa escolhida para esta dissertação. Ela gestou-se no meu interesse por contos e filmes de ficção científica, e começou a desenhar-se no segundo semestre de 2021 enquanto eu cursava a disciplina Matemática e Arte do Programa de Pós-Graduação em Criatividade e Inovação em Metodologias de Ensino Superior. Durante a disciplina, ministrada pela professora Cristina Lúcia Dias Vaz, foi proposta para os alunos a produção de um inventário artístico-matemático, um instrumento pedagógico usado para produzir um registro criativo da aprendizagem em Matemática e Arte. Na produção deste inventário, foi sugerida a criação de um avatar artístico-matemático como protagonista dos registros da aprendizagem interdisciplinar em Matemática e Arte. Foi assim que, inspirado na obra cinematográfica *Star Wars* do diretor e roteirista George Lucas, criei como meu avatar o aprendiz de Jedi Cartemáticos, muito sensível à força da disciplina Matemática e Arte. Este avatar ganhou muita potência e protagonismo durante os meus processos de aprendizagem e

minhas produções na disciplina. E modo natural ele foi se incorporando também na temática da dissertação. E a narrativa cinematográfica ganhou vida.

Continuei aprofundando meus conhecimentos sobre as histórias em quadrinhos e os filmes da saga *Star Wars* para criar os Avatares Jedi Pesquisador Cartógrafo e sua *Padawan* aprendiz de Jedi Pesquisadora Cartógrafa. Estes avatares foram inspirados nos personagens Mace Windu e sua aprendiz Depa Billaba. Mace Windu foi um Mestre Jedi, membro do Alto Conselho Jedi, admirado pela sua sabedoria, e sua palavra tem muita influência nas decisões do Conselho. Foi aprendiz dos Mestres Yoda e T'ra Saa. Era um poderoso duelista de sabre de luz e participou ativamente em várias batalhas, como a Batalha de Geonosis e durante as Guerras Clônicas. Ele teve vários aprendizes durante sua trajetória como Mestre Jedi, dentre eles a Depa Billaba, que foi salva por Mace Windu aos seis meses de idade, sensível à força, ela se tornou *padawan* de Mace Windu (ver figura 1) e posteriormente se tornou Mestre Jedi.

Figura 1 – Mace Windu



Fonte: arte de Neto Coelho (2022)

Nessa narrativa, Mace Windu é um pesquisador Cartógrafo que, após apresentar sua intenção de investigar as potencialidades da arte computacional que podem promover uma aprendizagem criativa em programação científica, saiu em missão, acompanhado por sua aprendiz Jedi Pesquisadora Cartógrafa Depa Billaba (ver figura 2), pelos territórios da Programação, Matemática e Arte em busca de vivenciar a experiência da pesquisa pelo uso do método da cartografia e suas pistas que serviram de orientação no percurso da pesquisa, no acompanhar dos processos e na cartografia dos entrelaçamentos da programação científica com a arte computacional, seus processos e produtos.

Figura 2 – Depa Billaba



Fonte: arte de Neto Coelho (2022)

1.2 OS PILARES DA FORÇA: APRENDIZAGEM CRIATIVA

Enquanto caminhávamos pelos jardins da sala de mil fontes e dialogamos sobre a força do método da cartografia, observei, em Depa, uma sensibilidade e um ávido desejo de aprender mais, de vivenciar novas experiências. Ela demonstrou que estava pronta para iniciar a caminhada como pesquisadora cartógrafa; e foi, nesse instante, que olhei profundamente nos olhos dela, por citação, disse: “[...] a experiência não é o caminho até um objetivo previsto, até uma meta que se conhece de antemão, mas é uma abertura para o desconhecido, para o que não se pode antecipar nem “pré-ver” nem “pré-dizer”” (LARROSA, 2017, p.28); perguntando-lhe se ela estava aberta ao novo, ao desconhecido, para vivenciar esta experiência.

Com um brilho nos olhos e um sorriso radiante, ela respondeu que sim, que estava pronta para trilhar por novos territórios na busca de conexões criativas, explorando as pistas ao longo desta pesquisa a fim de cartografar seus processos, produtos, e os entrelaçamentos da programação científica com a arte computacional.

Pedi então que ela me acompanhasse de volta à Biblioteca do Templo Jedi, pois eu tinha algo muito importante para compartilhar com ela. Chegando lá, direcionei-me até à Câmara dos *Holocrons*, que contém os referenciais teóricos e ensinamentos dos grandes mestres sobre a força da aprendizagem criativa gravados em dispositivos de armazenamento de material cristalino e *hardware*, no formato de poliedros brilhantes do tamanho da palma da mão. (ver figura 3).

Figura 3 – *Holocron*

Fonte: Livro *The Jedi Path*, 2010, p.7

Entreguei-lhe um *Holocron* e expliquei-lhe que, para ela se tornar um Mestre Jedi cartógrafo, era preciso aprender sobre os fundamentos da força da aprendizagem criativa. Agora chegara o momento de ela assumir o protagonismo de sua aprendizagem, e se abrir a experiência no sentido de cartografar o que lhe acontece, o que lhe toca e lhe afeta, sendo sensível e consciente a força criativa.

Enquanto ela observava curiosamente o objeto em sua mão, me retirei da sala. Ela analisou com cuidado cada face do poliedro e acionou um de seus lados, fazendo com que um feixe de luz holográfica amarela disparasse de dentro do objeto projetando a imagem do Mestre Paulo Freire perguntando o que ela buscava aprender. Ela lhe respondeu que buscava aprender e conceituar o que viria a ser uma aprendizagem criativa. Como resposta, Freire (2014) disse que primeiro ela tinha de fundamentar o conceito de aprendizagem, originária do processo de vivências, construção e reconstrução do saber em que o aprendiz, sujeito principal da ação transformadora, deve ter autonomia para transformar seus saberes por meio de suas vivências e relações com o mundo e com os outros. Depa interrompeu Freire e perguntou: Mas quem ensina quem?

Freire (2014) replicou que ninguém educa ninguém. Os homens se educam mediatizados pelo mundo e pelos objetos cognoscíveis. Entende-se, a partir disso, que o processo de aprendizagem se constrói na vida do sujeito e o leva a assumir uma postura ativa em relação ao objeto de conhecimento e tomar iniciativas na resolução dos desafios aos

problemas apresentados, partindo dos seus conhecimentos prévios. Com isso, ocorre uma reflexão crítica e tomada de ações que o levarão ao desenvolvimento da sua aprendizagem.

Então ela indagou sobre a necessidade de se tornar a protagonista da sua aprendizagem. Afirmou Freire (1996) que o aprendiz é o sujeito da produção do saber, não há transferência de conhecimentos, e sim a criação de possibilidades para o educando aprender criticamente. “Essas condições implicam ou exigem a presença de educadores e de educandos criadores, instigadores, inquietos, rigorosamente curiosos, humildes e persistentes” (FREIRE, 1996. p.13).

O tempo foi passando e Depa e Freire continuaram trocando diálogos e saberes, até que ele perguntou sobre o que ela levaria desse diálogo para fundamentar o conceito de aprendizagem criativa. Depa respondera-lhe que sobre a aprendizagem levaria o entendimento de que ela promove o protagonismo do aprendiz, vindo do processo de vivências, construção e reconstrução do saber onde o aprendiz é o sujeito principal da ação transformadora e deve ser o protagonista da sua aprendizagem. Pelas suas vivências e relações, o aprendiz dialoga com o mundo e vai imprimindo a sua marca pessoal, o seu jeito próprio e original de transformar os saberes.

De repente, o feixe de luz holográfica se encerra, Depa fica apreensiva revirando o Holocron para tentar acioná-lo novamente. Está tremendo, já que ainda precisa aprender outros conceitos, como o entendimento sobre criatividade. Ela percebeu que o Holocron mudara para a cor verde, com isso ela acionou outra face do poliedro emitindo um novo feixe de luz holográfica, e, assim, projetando a imagem de dois Mestres: Donald Winnicott e Fayga Ostrower. Depa logo reconheceu a artista plástica Fayga Ostrower, pois já tivera contato com o registro de suas obras, e, com certeza, poderia ajudá-la a entender sobre criatividade. No entanto, com o outro Mestre, ainda não tivera contato, mas, se estavam juntos, deveria haver um motivo. Billaba pediu-lhes se poderiam falar sobre criatividade. Winnicott pousou nela um olhar profundo de psicanalista e retrucou-lhe de onde ela achava que vinha a criatividade. A aprendiz respondeu-lhe acreditar que a criatividade é própria da natureza humana, todavia se questionava em como era possível desenvolvê-la.

A resposta de Winnicott (1975) a essa questão foi de que a criatividade estava no modo de viver. Depa exclamou “No viver!”. O psicanalista ensinou-a que a criatividade pertence ao ser desde o seu nascimento, que busca viver criativamente ao desfrutar da sua própria vida e prosseguiu explicando que os indivíduos vivem criativamente e sentem que a vida merece ser

vivida e ao brincar manifestam sua criatividade. Para concluir sua fala, citou um trecho de sua autoria: “É através da percepção criativa, mais do que qualquer outra coisa, que o indivíduo sente que a vida é digna de ser vivida.” (WINNICOTT, 1975, p.108).

Para ajudá-la a compreender melhor sobre criatividade, Winnicott explicou-lhe que o desenvolvimento da criatividade ocorre em conjunto com o desenvolvimento emocional, suas relações afetivas e com o ambiente. Isso acaba contribuindo para a constituição do self, si mesmo, e para o amadurecimento humano; e ressaltou que: “Experimentamos a vida na área dos fenômenos transacionais, no excitante entrelaçamento da subjetividade e da observação objetiva, e numa área intermediária entre a realidade interna do indivíduo e a realidade compartilhada do mundo externo aos indivíduos.” (WINNICOTT, 1975, p.107)

Ostrower (2014) tomou a fala e disse que era preciso enxergar o homem como um ser consciente, sensível e cultural e que seus comportamentos criativos estão baseados na integração dessas características. A consciência e a sensibilidade são qualidades comportamentais inerentes ao ser, seus processos criativos estão ligados à sensibilidade do ser e fazem parte de sua herança biológica, ou seja, todo o ser humano nasce com este potencial.

Depa saltou e disse-lhes que é esse o entendimento de criatividade de que necessitava levar para a aprendizagem criativa: Que todos somos seres potencialmente criativos, conscientes, sensíveis e culturais, que buscamos viver de maneira criativa de forma plena e satisfatória. Criatividade é como uma proposição universal numa relação do indivíduo com a realidade externa, em que os indivíduos vivem criativamente e sentem que a vida merece ser vivida, pois buscam viver criativamente ao desfrutar da sua própria vida.

Mais uma vez o feixe de luz holográfica se fecha. Para Depa, era um sinal de que já havia aprendido o sentido de criatividade de Winnicott e Ostrower, mas algo de estranho ocorrera com o Holocron que começara a piscar ininterruptamente. A aprendiz refletiu se ainda faltava algo mais para aprender. Depa acionara outra face que disparou um feixe de luz holográfica azul, e, dentro da luz, surgiu um Mestre de cabelos grisalhos que se apresentou como Jorge Larrosa. O homem perguntou como ela estava vivenciando aquela experiência. Depa eufórica começou a relatar tudo o que havia aprendido. Foi, com isso, que Larrosa a interrompeu e disse:

A experiência, a possibilidade de que algo nos aconteça ou nos toque, requer um gesto de interrupção, um gesto que é quase impossível nos tempos que correm: requer parar para pensar, parar para olhar, parar para escutar, pensar mais devagar, olhar mais devagar, e escutar mais devagar; parar para sentir, sentir mais devagar, demorar-se nos detalhes, suspender a opinião, suspender o juízo, suspender a vontade, suspender

o automatismo da ação, cultivar a atenção e a delicadeza, abrir os olhos e os ouvidos, falar sobre o que nos acontece, aprender a lentidão, escutar aos outros, cultivar a arte do encontro, calar muito, ter paciência e dar-se tempo e espaço (LAROSSA, 2017, p.24).

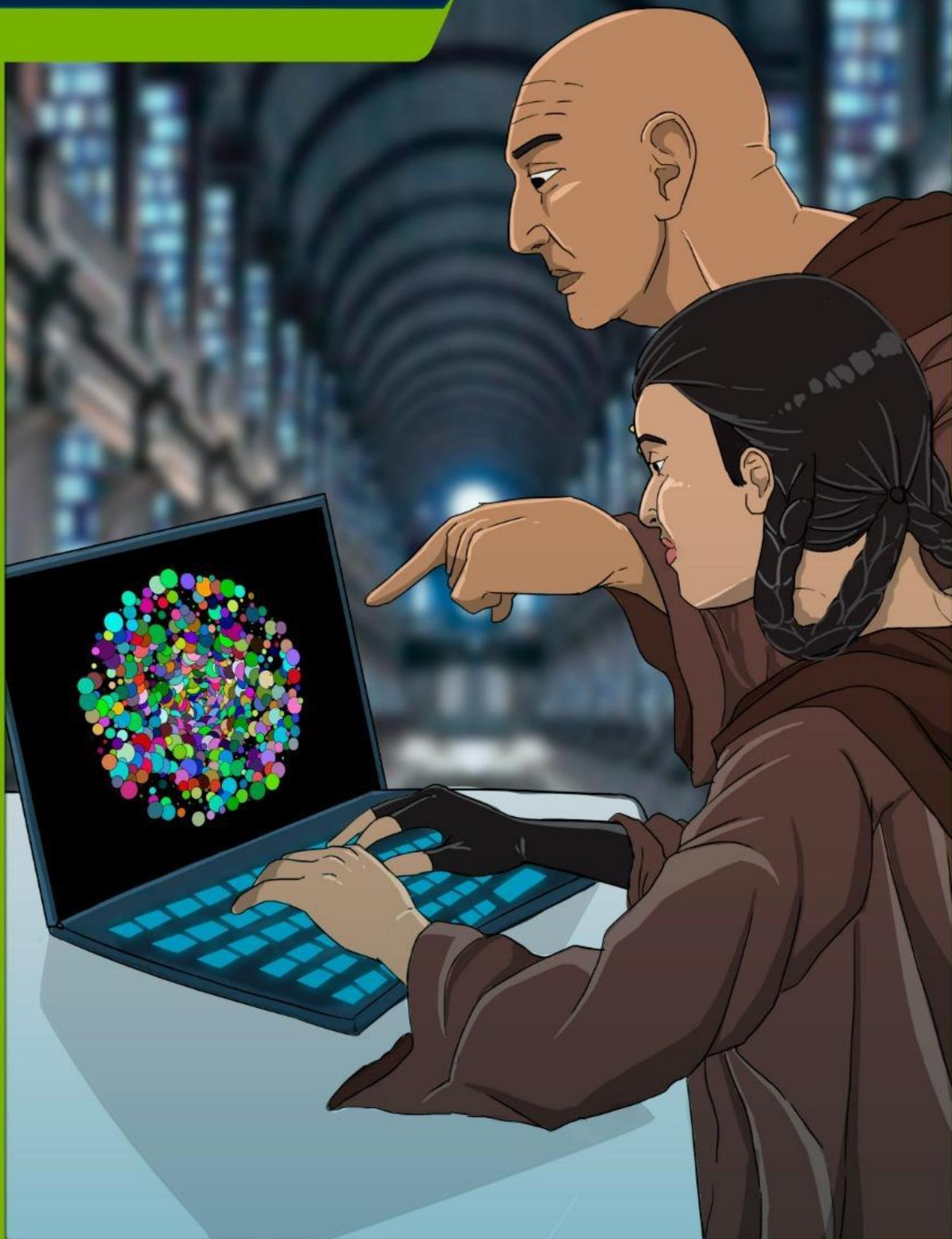
Um silêncio tomou conta de Depa, pensativa com as palavras de Larossa, o pedagogo percebeu como ela fora afetada e tocada por aquela fala. Larrosa (2017) enfatizou que o saber da experiência está muito além da busca obsessiva por estar informado, e que aprender não é uma questão de adquirir e processar informação. Finalizou, chamando-lhe de “minha jovem”, que “a experiência é o que nos passa, o que nos acontece, o que nos toca. Não o que se passa, não o que acontece, ou o que toca.” (LARROSSA, 2017, p.21)

Depa entendeu, naquele momento, que a experiência no sentido de Larossa era um dos pilares para fundamentar o entendimento de aprendizagem criativa. Era preciso estar aberto ao novo e buscar uma mudança de atitude diante desses saberes, uma atitude interdisciplinar. Depois disso, mais uma face do Holocron é acionada automaticamente emitindo uma luz holográfica laranja, e, dentro dela, surge a Mestre Ivani Fazenda (2008). Ela se apresentou como educadora e disse ter sido ativada pela força interdisciplinar da jovem pesquisadora cartógrafa. Relatou-lhe que a interdisciplinaridade também está presente na aprendizagem criativa colaborando para a formação de um sujeito da experiência interdisciplinar que tem uma “atitude interdisciplinar” capaz de aprender e resolver problemas por meio de experiências e vivências baseada em descobertas e, na prática, por meio de modelos dialógicos, pensamento crítico e integração de saberes.

Havia completado Depa o seu aprendizado sobre os conceitos de Aprendizagem, Criatividade, Experiência e Interdisciplinaridade. São convicções que nos apropriamos para fundamentar a Aprendizagem Criativa desta pesquisa, e que estão presentes na cartografia dos entrelaçamentos da programação científica com a arte computacional, seus processos e produtos, por meio de intervenções, curadorias e produções com o uso do método da cartografia.

Neste momento, interrompi o meu discurso e voltei a minha atenção à sala do conselho Jedi e, por uns segundos, observei atentamente cada um dos membros. Pude notar seus olhares ansiosos para saber mais da trajetória da pesquisa e de seus resultados. Mas ainda estava no início da jornada rumo a uma aprendizagem criativa em programação científica e suas conexões com a arte computacional, a narrativa estava apenas começando.

EPISÓDIO 2



EPISÓDIO II - O DESPERTAR DE UMA APRENDIZAGEM CRIATIVA EM PROGRAMAÇÃO CIENTÍFICA

Ao retornar a fala sobre o caminhar da pesquisa, fui interrompido pelo grande mestre Jedi Ioda que me questionou sobre qual foi a abordagem escolhida para conceituar arte computacional. Respondi que não foi fácil a busca pelo entendimento acerca deste conceito, pois ainda não havia um consenso entre os artistas e críticos quanto a definição do termo ideal para a arte produzida com o uso de processos computacionais; e, conforme os computadores foram evoluindo e ampliando suas possibilidades de uso no campo da arte, foram surgindo novas terminologias, como “arte eletrônica”, “*new media art*”, “arte midiática”, “artemídia”, “*ciber art*”, “arte telemática”, “arte digital”, dentre outros termos utilizados pelos artistas para designar a arte produzida por meios eletrônicos e computacionais. “Entretanto, na prática, muitas dessas designam a mesma produção, aquela que entende o computador na arte como sistema” (GASPARETTO, 2014, p.43).

Relatei que foi preciso que Eu e Depa aprofundássemos os nossos conhecimentos sobre este tema, por esta razão após os ensinamentos sobre os referências teóricos sobre aprendizagem criativa, decidimos acessar os computadores da Biblioteca do Templo Jedi para ampliar, adentrar a um novo território de pesquisa. Saindo da Câmara dos *Holocrons*, que contém os referenciais teóricos, voltamos ao salão principal dos Arquivos ou Biblioteca do Templo Jedi, passando pela rotunda no grande salão, nos encaminhamos para o balcão de referências e solicitamos a um *droid*, um cartão de dados de acesso ao sistema de pesquisa.

2.1 A ARTE COMPUTACIONAL

Eu e Depa passamos o resto daquele dia consultando os arquivos em busca de um maior entendimento sobre arte computacional. Ao carregar as páginas na tela do computador, acessamos o banco de dados da *compArt*, um repositório sobre os artistas, suas obras digitais, eventos e publicações. Nele descobrimos que o termo arte computacional foi usado pelos artistas pioneiros, vem do inglês “*computer art*” e teve origem na década de 1950 com o artista e matemático americano Ben F. Laposky. Este artista realizou experimentos visuais com um computador analógico e um osciloscópio, que ele usava para manipular as ondas eletrônicas que apareciam na tela fluorescente e gerar sua arte, que foram intituladas de “Oscillons” (ver figura 4).

Figura 4 – Oscillon

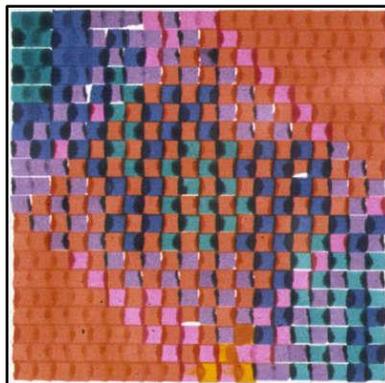


Fonte: site compart

Depa destacou o fato que as primeiras pessoas a usarem computadores criativamente foram cientistas da computação ou matemáticos, devido ser uma tecnologia cara na época e de acesso limitado aos laboratórios de pesquisa, universidades e grandes corporações. Outro fato que lhe causou surpresa foi que não havia 'interface de usuário', e que os próprios artistas e cientistas da computação escreviam os seus próprios programas criando assim suas produções.

Avançando nas pesquisas, encontramos outro precursor da arte computacional, Frieder Nake, um matemático alemão, cientista da computação e pioneiro da arte da computação, que, na década de 60, também utilizou o termo “arte computacional” ou “arte algorítmica” para nomear suas produções produzidas com o uso de algoritmos e computadores, suas principais fases de trabalho são identificadas por coleções de programas denominados “compArt ER56” (1963-65), Walk-through-raster (1966), Matrizenmultiplikationen (1967/68) (ver figura 5), Estética generativa I (1968/69), em que ele passou a utilizar outras linguagens de programação como o Fortran IV e Algol 60 e PL/I para produzir suas obras.

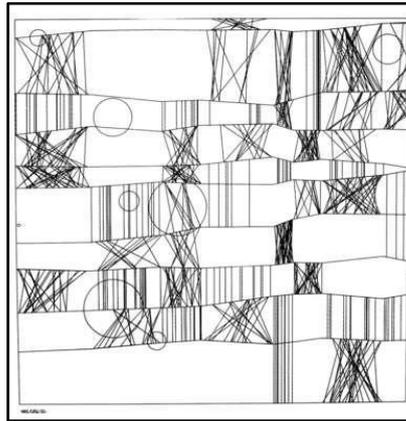
Figura 5 – Matrizenmultiplikationen



Fonte: site compart

Ficamos extasiados com a beleza das obras e a criatividade que esses artistas pioneiros tinham em fazer arte computacional, mesmo com pouco recurso tecnológico. Uma destas obras marcantes foi a 13/9/65 N°. 2 (ver figura 6), inspirado em uma pintura a óleo de Paul Klee, em que Frieder Nake usou de processos matemáticos e códigos computacionais para programar variáveis aleatórias no programa que permitiram ao computador fazer escolhas com base na teoria da probabilidade para produzir as obras de arte computacional.

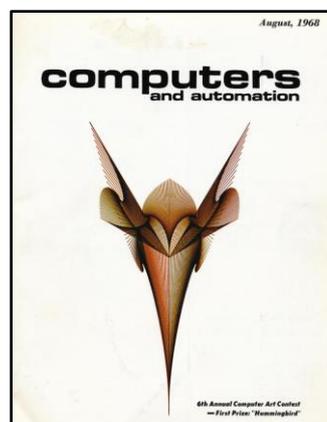
Figura 6 – 13/9/65 Nr. 2 ("Hommage à Paul Klee")



Fonte: site compart

Depa encontrou o termo arte computacional citado nas publicações da revista *Computers and Automation* de Edmund C. Berkeley nas décadas de 50 a 70. Ele se tornou um pioneiro no campo da arte computacional ao lançar o primeiro concurso de arte computacional chamado de *Computer Art Contest*. (ver figura 7). A revista publicava anualmente o trabalho de artistas, matemáticos, programadores e outros profissionais interessados em desenvolver seus processos criativos pela produção de arte computacional, que a cada edição se tornava mais sofisticada, criativa e atraente visualmente.

Figura 7 – *Computers and Automation*



Fonte: site compart

Quanto mais aprofundávamos na pesquisa, mais aprendíamos sobre a história e o conceito de arte computacional. Ao navegar pelos sites e demais páginas da pesquisa, eis que me deparo com as obras de Waldemar Cordeiro, artista plástico, precursor e líder do movimento concreto no Brasil e pioneiro na arte com uso do computador no Brasil e na América Latina na década de 70. Cordeiro, em colaboração com o cientista físico Giorgio Moscati da USP, Universidade de São Paulo, fez experimentações artísticas com processos matemáticos e o uso do computador para produzir arte computacional. Suas obras denominadas: “Derivadas de uma imagem” (ver figura 8) fizeram parte de uma exposição chamada Arteônica. Cordeiro (1973, p. 600) considerava a arte computacional “... como a realização de um processo de objetivação de ideias por imagens, abrangendo variáveis psicológicas, éticas, sensoriais, ideológicas, mentais, intelectivas, etc., através de operações aritméticas.” Confesso que fiquei muito tocado com a descoberta de um pioneiro da arte computacional no Brasil. Senti, naquele momento, um profundo interesse em conhecer mais sobre Waldemar Cordeiro e suas obras.

Figura 8 - O retrato de Fabiana. Waldemar Cordeiro (1970)



Fonte: Enciclopédia Itaú Cultural.

Enquanto pesquisava, lembrei-me do fato de que minha aprendiz Depa tem procedência de uma geração em que os computadores já produzem arte de forma autônoma; mas esclareci a ela que, naquela época, os artistas utilizavam os computadores como artefato criativo para

potencializar seus processos criativos e materializar suas experimentações artísticas. Segundo a artista Grace C. Hertlein:

“os limites do computador artisticamente são os limites da imaginação do artista e o grau em que o artista aceita o computador como um auxílio à criação. Se um artista pode absorver a tecnologia, aprender a pensar de novas maneiras e se libertar dentro de tais usos técnicos, ele pode transcender as condições de usar uma máquina complexa e expressar sua visão poeticamente, de forma pessoal. [...]” (HERTLEIN, 1970, p.26, apud SIHARE, 1972, p.9).³

Depa e eu ficamos muito tocados com a possibilidade de uso do computador para potencializar os processos artísticos e promover a criatividade pela arte computacional que segundo Venturelli (2017) procura um equilíbrio “entre intuição, intelecto e subjetividade do sujeito, que inventa e manipula as leis sintáticas dos algoritmos.” (apud VIEIRA, 2018, p.16).

Pelas palavras de Venturelli (2017) entendemos que estas produções usam processos computacionais nas experimentações artísticas que possibilitam ao artista a aprendizagem dos códigos e linguagens computacionais como forma de potencializar a materialização de seu processo criativo. A respeito disso, ela afirma que: “Aprendemos a programar pela necessidade imposta pelo próprio meio. Não se faz arte computacional sem saber programar.” (VENTURELLI, 2017, p.141, apud VIEIRA, 2018, p.28).

Ao fim do dia, satisfeito com o que havíamos pesquisado e com o entendimento de que as várias terminologias sobre arte computacional representam as adaptações do termo ocorrido ao longo dos tempos e que trazem referências históricas, definições e conceitos que o definem num campo de pesquisa e criação no campo da arte impulsionada pelo uso de tecnologias computacionais que independentemente do termo escolhido, o importante é que o conceito engloba os trabalhos de arte que utilizam o computador e suas tecnologias. (VIEIRA, 2018)

Retornando a pergunta do Mestre Ioda sobre qual tinha sido a abordagem escolhida para conceituar arte computacional, respondi, com um tom de voz confiante, que, para esta pesquisa, apropriamo-nos das ideias da artista Suzete Venturelli (2017) sobre a arte computacional como uma linguagem que usa processos matemáticos e/ou códigos computacionais para potencializar e materializar processos criativos ou experimentações artísticas. Neste sentido, a arte

3 Tradução minha do original: The limits of the computer artistically are the limits of the artist’s imagination, and the degree to which the artist can accept the computer as an aid to creation. If an artist can absorb technology, learn to think in new ways and become liberated within such technical usages, he can transcend the conditions of using a complex machine and express his vision poetically, in a personal way.[...]. (p.9)

computacional envolve saber programar o suficiente para produzir criações artísticas e promover a criatividade.

O grande conselho lançou um olhar de satisfação diante das descobertas e direcionamentos da pesquisa. Já havíamos escolhido a Cartografia como método de pesquisa, conceituado o entendimento de aprendizagem criativa com base nos referenciais teóricos e definido a abordagem de arte computacional. No entanto, tínhamos um longo caminho a trilhar, era preciso definir a linguagem de programação que poderia contribuir com uma aprendizagem criativa em programação científica.

2.2 A ARTE DE PROGRAMAR COM O *PROCESSING*

Na manhã seguinte, encontrei com Depa pelos corredores do Templo. Estava inquieta pela busca de uma linguagem de programação aberta e acessível com potencial para promover o desenvolvimento dos processos criativos e da aprendizagem em programação, desde a não-programadores ou iniciados com a programação, a artistas, a educandos, a educadores, até qualquer pessoa que desejasse vivenciar uma aprendizagem criativa em programação científica.

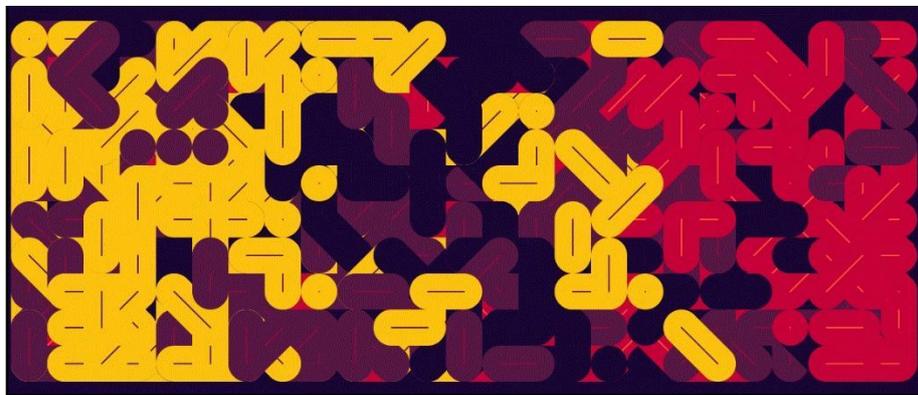
Dei um leve sorriso e disse a ela que compartilhava do mesmo sentimento. Aconselhei-a a ficar atenta ao funcionamento da atenção do cartógrafo durante a pesquisa. Ela percebeu, no meu olhar, que eu tinha uma pista em mente a seguir. Sorri novamente e disse-lhe que, enquanto pesquisara sobre arte computacional, pousei minha atenção sobre uma página de um evento online, o *Processing Community Day*, que visa promover a criatividade computacional a partir da linguagem de programação *Processing* e seu ambiente e desenvolvimento integrado (IDE). Depa ficou curiosa em participar do evento e conhecer mais sobre o *Processing*. Pedi então que ela me acompanhasse até a sala de conferência. Chegando lá, solicitei ao *droid* que projetasse o evento holograficamente para que pudéssemos assistir a algumas das palestras e *workshops*. “Estariamos no caminho certo?”. Pensei, ainda, “Seria o *Processing* a linguagem de programação que buscávamos para promover uma aprendizagem criativa em programação científica?”

Ficamos surpresos ao descobrir que o *Processing Community Day* (PCD) é um evento internacional que, desde 2017, busca promover a interatividade e a diversidade de pessoas, no universo das tecnologias das artes computacionais, interessadas em aprender a programar e produzir trabalhos criativos com códigos, conectando a linguagem de programação *Processing*

com a arte e design. No Brasil o evento acontece desde 2019 e é organizado pela Comunidade *Processing* Brasil voltada ao aprendizado em arte e tecnologia e programação criativa.

Além de assistir às palestras e aos *workshops*, tivemos acesso à galeria virtual com as obras dos artistas visuais, programadores criativos, Designers, pesquisadores e professores que fazem experimentações criativas com o *Processing*. Ao clicar nas obras, é possível visualizar a execução da arte computacional; contudo, sem acesso aos códigos, com exceção de uma delas, intitulada “*Beautiful Bug*” (ver figura 9) do programador criativo Carlos de Oliveira Júnior, conhecido como “Vamooss”, em que ele produz uma arte por códigos programada no *Processing*.

Figura 9 – Beautiful Bug. (codificado por Vamooss)



Fonte: site *Openprocessing*⁴

Animados com a ideia, falei à Depa que tínhamos de explorar o potencial criativo do *Processing*. Apressados, saímos, rapidamente, em direção ao laboratório de tecnologia. Cada um acessou um computador diferente, e, enquanto eu explorava o código da obra no *Processing*, Depa fazia uma curadoria sobre o *Processing* para averiguar as possibilidades de uso e aplicação para pesquisa. Abri novamente o link da obra e este foi executado na plataforma *OpenProcessing* que é uma comunidade aberta e colaborativa que reúne várias obras e produções criativas feitas no *p5.js*, versão do *Processing* para *web* com uso de biblioteca *JavaScript*. Observamos, que a arte computacional da obra “*Beautiful Bug*” de Vamooss foi codificada do seguinte modo:

```

/*****
Code by Vamooss
Original code link:
https://openprocessing.org/sketch/1116518

Author links:

```

⁴ Disponível em: <https://openprocessing.org/sketch/1116518>. Acesso em 10 mar 2022.

```

http://vamoss.com.br
http://twitter.com/vamoss
http://github.com/vamoss
*****

var positions = [];
const GRID_SIZE = 50;

function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  background("#1a0633");

  colors = [color("#1a0633"), color("#1a0633"), color("#581845"), color("#900C3F"), color("#C70039"),
color("#FF5733"), color("#FFC30F"), color("#581845")];

  for(var i = 0; i < colors.length/2; i++){
    var position = {
      current: {
        x: round(width / 2 / GRID_SIZE) * GRID_SIZE,
        y: round(height / 2 / GRID_SIZE) * GRID_SIZE
      },
      previous: {
        x: round(width / 2 / GRID_SIZE) * GRID_SIZE,
        y: round(height / 2 / GRID_SIZE) * GRID_SIZE
      }
    }
    positions.push(position);
  }
}

function draw() {
  positions.forEach((position, index) => {
    for(let i = 0; i < 3; i++){
      position.current.x += round(random(-1, 1)) * GRID_SIZE;
      position.current.y += round(random(-1, 1)) * GRID_SIZE;
      position.current.x = constrain(position.current.x, GRID_SIZE, round(width / GRID_SIZE) *
GRID_SIZE - GRID_SIZE);
      position.current.y = constrain(position.current.y, GRID_SIZE, round(height / GRID_SIZE) *
GRID_SIZE - GRID_SIZE);

      if(random() < 0.1){
        stroke(colors[(index*2+0)%colors.length]);
        strokeWeight(GRID_SIZE);
        line(position.current.x, position.current.y, position.previous.x, position.previous.y);

        stroke(colors[(index*2+1)%colors.length]);
        strokeWeight(2);
        line(position.current.x, position.current.y, position.previous.x, position.previous.y);
      }

      position.previous.x = position.current.x;
      position.previous.y = position.current.y;
    }
  });
}

```

Ao executar a obra, fiquei curioso e comecei a acessar e brincar livremente com o código mesmo sem conhecimento da linguagem *Processing*. Fui modificando e experimentando, com

uma atitude aberta para vivenciar meus processos criativos, com base no brincar de Winnicott (1975), e na experiência do saber de Larossa (2017, p. 27) “o que se adquire no modo como alguém vai respondendo ao que vai lhe acontecendo ao longo da vida e no modo como vamos dando sentido ao acontecer do que nos acontece.” Com isso, realizei as seguintes experimentações nas linhas do código da obra:

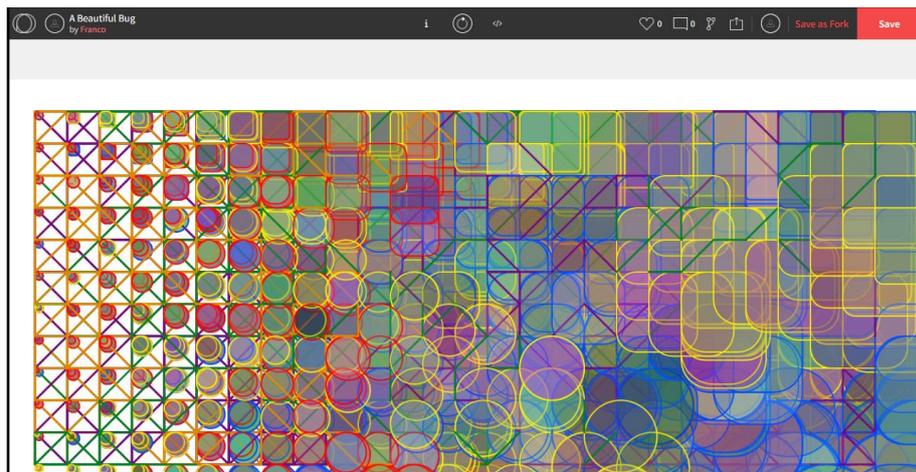
```
// Alteração da matriz das cores.
colors = [color(288, 3, 3), color(225, 140, 0), color(255, 237, 0), color(0, 128, 38), color(0, 77, 255),
color(117, 7, 135)];

// Alteração na estrutura condicional IF modificando as formas, preenchimento, cores e traçados.
if (random() < 0.1) {
stroke(colors[(index * 2 + 0) % colors.length]);
strokeWeight(2);
fill(random(255), random(255), random(255), 50);
square(position.current.x, position.current.y, position.previous.x / 8, position.previous.y / 8);

stroke(colors[(index * 2 + 1) % colors.length]);
strokeWeight(3);
line(position.current.x, position.current.y, position.previous.x, position.previous.y);
}
```

A experiência resultou na produção de uma releitura da obra “*Beautiful Bug*” de Vamooss (ver figura) e levou-me ao direcionamento de que o *Processing* poderia ser a linguagem de programação que procurávamos para potencializar e materializar processos criativos e promover uma aprendizagem criativa em programação científica.

Figura 10 – Releitura de “*Beautiful Bug*”



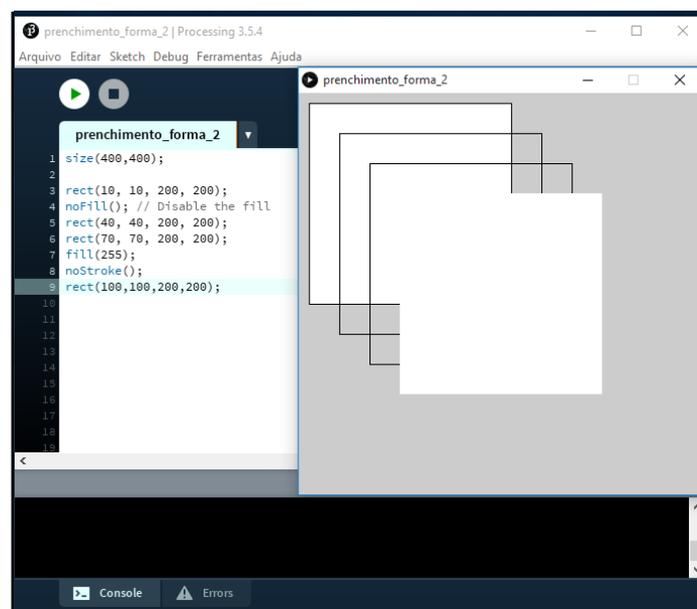
Fonte: O autor (2022)⁵

⁵ Disponível em: <https://openprocessing.org/sketch/1519521>. Acesso em: 17 mar 2022.

Mostrei a minha produção para Depa que ficou admirada com o potencial criativo do *Processing*. Pedi-lhe para compartilhar sobre o que já havia pesquisado comigo. Animada para socializar suas descobertas, ela começou dizendo que o *Processing* foi desenvolvido em 2001 pelo artista americano Casey Reas e pelo cientista de dados Ben Fry. Segundo Reas e Fry (2014), o *Processing* é um ambiente integrado para desenvolvimento de software (IDE) e uma linguagem de programação de código aberto, gratuito e roda nas plataformas *Windows*, *Linux* e *Mac*, desenvolvido para os profissionais de artes eletrônicas e design visual, artistas, estudantes e educadores com o intuito de ensinar os princípios básicos da programação em um contexto visual.

Além disso, ela mencionou que, segundo Reas e Fry (2014), o *Processing* é uma linguagem de programação baseada em *Java* que utiliza uma sintaxe simplificada para facilitar a aprendizagem, a prototipagem e a produção criativa computacional. Sua interface é no formato de *sketchbook* ou caderno de esboços (ver figura 11) que veio da ideia de um caderno para esboçar e codificar uma ideia criativa. Ele possibilita que, mesmo aqueles usuários iniciantes na programação, todos sejam capazes de expressar suas ideias e desenvolver seus processos criativos conforme exploram seus recursos e experimentam os códigos computacionais para materializar suas produções criativa ou artística.

Figura 11 – Interface do *Processing*



Fonte: O autor (2021)

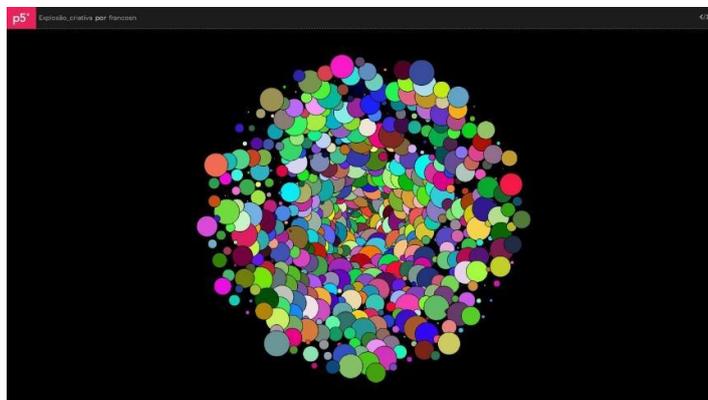
Entusiasmada, ela continuou a falar de suas descobertas. Ela disse que o *Processing* tinha um potencial para uma abordagem criativa à aprendizagem em programação e que

também possibilitava o aprendizado de outras linguagens de programação, tais como *Java*, *Javascript* e *Python*. Minha aprendiz pesquisou que o modo Python para *Processing*, chamado de *Processing.py*, foi implementado entre 2010 e 2014 por *Jonathan Feinberg*, um complemento que pode ser instalado e habilitado dentro do ambiente de desenvolvimento do *Processing* para poder programar os esboços em *Python*. A proposta é que o *Processing* não seja visto apenas como uma linguagem única de programação, como também um sistema voltado ao ensino, à aprendizagem e à criação de artes e formas visuais com código.

Foi o *p5.js*, a versão do *Processing* para *web* que usa biblioteca *JavaScript* que mais lhe chamou a atenção. Perguntei-lhe quais eram os motivos. Ela me disse que O *p5.js*, assim como o *Processing*, objetiva tornar a programação acessível a artistas, designers, educadores e estudantes por meio da codificação criativa, sendo possível criar esboços com gráficos em *2D* e *3D* e que, por ser um editor online, era possível programar os esboços e compartilhá-los como uma página web, um link ou incorporá-lo em blogs e *sites* e disponibilizar abertamente os códigos para que outras pessoas pudessem utilizar, experimentar, modificar e se inspirar para produzir suas criações. (MCCARTHY; REAS; FRY, 2015).

Ao finalizar sua fala, Depa mostrou a tela de seu computador com uma produção criativa que ela havia programado no *p5.js*, enquanto fazia a curadoria como forma de visualizar na prática as possibilidades de uso e aplicação deste para pesquisa. Ela deu o nome a sua arte computacional de “explosão criativa” (ver figura 12) para representar o que estávamos vivenciando naquela etapa da pesquisa, uma explosão de ideias, sensações, impulsos criativos e um grande desejo em aprender.

Figura 12 – Explosão Criativa



Fonte: O autor (2022)⁶

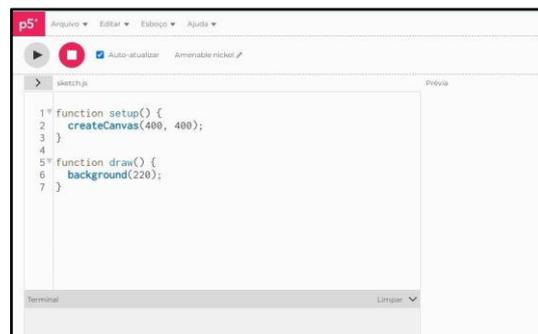
⁶ Produzido pelo autor no editor *web* do *p5.js*.

A arte computacional da obra “Explosão Criativa” foi codificada no p5.js do seguinte modo:

```
// declaração de variáveis
var r = 0;
var t = 0;
var x = 0;
function setup() {
  //configuração da tela para ajustar ao tamanho da largura e altura da janela do
  computador
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  // configuração da cor de fundo na cor preta.
  background(0);
}
function draw() {
  // translação dos eixos coordenados para o centro da janela. No Processing a origem é o
  canto superior esquerdo da janela de exibição e os valores das coordenadas aumentam para
  baixo e para a direita.
  translate(width / 2, height / 2);
  // uso da estrutura de repetição “while” que é uma estrutura de controle que repete um
  bloco de comandos enquanto uma condição for verdadeira.
  while (x <= 300) {
    // uso de equações paramétricas do círculo para definir as coordenadas x e y.
    x = r * cos(t);
    y = r * sin(t);
    // configuração dos círculos.
    fill(random(255), random(255), random(255));
    circle(x, y, random(50));
    r = r + 0.4;
    t = t + 0.4;
  }
}
```

Sobre a experiência com o p5.js, Depa descreveu que o programa possui uma interface (ver figura 13) limpa e clara, com um editor de texto simples para escrever o código e uma janela de exibição para mostrar a sua execução.

Figura 13 – Interface *p5.js*



Fonte: site p5.js Web Editor

Ainda sobre o *p5.js*, ela relatou que em seu menu, é possível acessar as referências de suas principais funções e parâmetros, o que facilitou com que ela soubesse programar o suficiente para produzir sua criação artística. E que ele possui funções para criar desenhos, formas geométricas e outros elementos gráficos tais como: linhas, elipses, quadrados, retângulos, dentre outros. Nele, é possível codificar as configurações desses elementos para alterar sua cor, tamanhos, posição, movimento; no processo de produção de esboços no *p5.js*, é possível realizar também operações matemáticas; utilizar operadores aritméticos e lógicos; estruturas de decisão; estrutura condicional (*if e else*); Vetores; Matrizes; estruturas de controle de repetição (*for, while*), como aquela usada na produção da obra “Explosão Criativa”. Ademais, há muitos outros recursos no *p5.js* que permitem programar uma variedade de modificações, seja nos elementos gráficos seja em imagens digitais, até mesmo alterações nas fontes tipográficas para desenhar e animar textos, dentre outros recursos que podem potencializar os processos criativos e fazer conexões com a pesquisa.

Depa continuou a brincar com os códigos de programação e a explorar as potencialidades do *p5.js* para criar produções criativas, ela produziu uma obra chamada “Giro dos Confetes” (ver figura 14)

Figura 14 – Giro dos confetes



Fonte: o autor (2022)⁷

⁷ Produzido pelo autor no editor *web* do *p5.js*.

Nesta obra ela fez uso da equação paramétrica do círculo para produzir sua obra que foi codificada do seguinte modo:

```
var t = 60;
var r = 30;

function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  background(0);
}
function draw() {
  if (r < 500) {
    translate(width / 2, height / 2);
    x = r * cos(t);
    y = r * sin(t);
    fill(random(255), random(255), random(255));

    ellipse(x, y, 25, 25);
    t++;
    r+=0.5;
  }
}
```

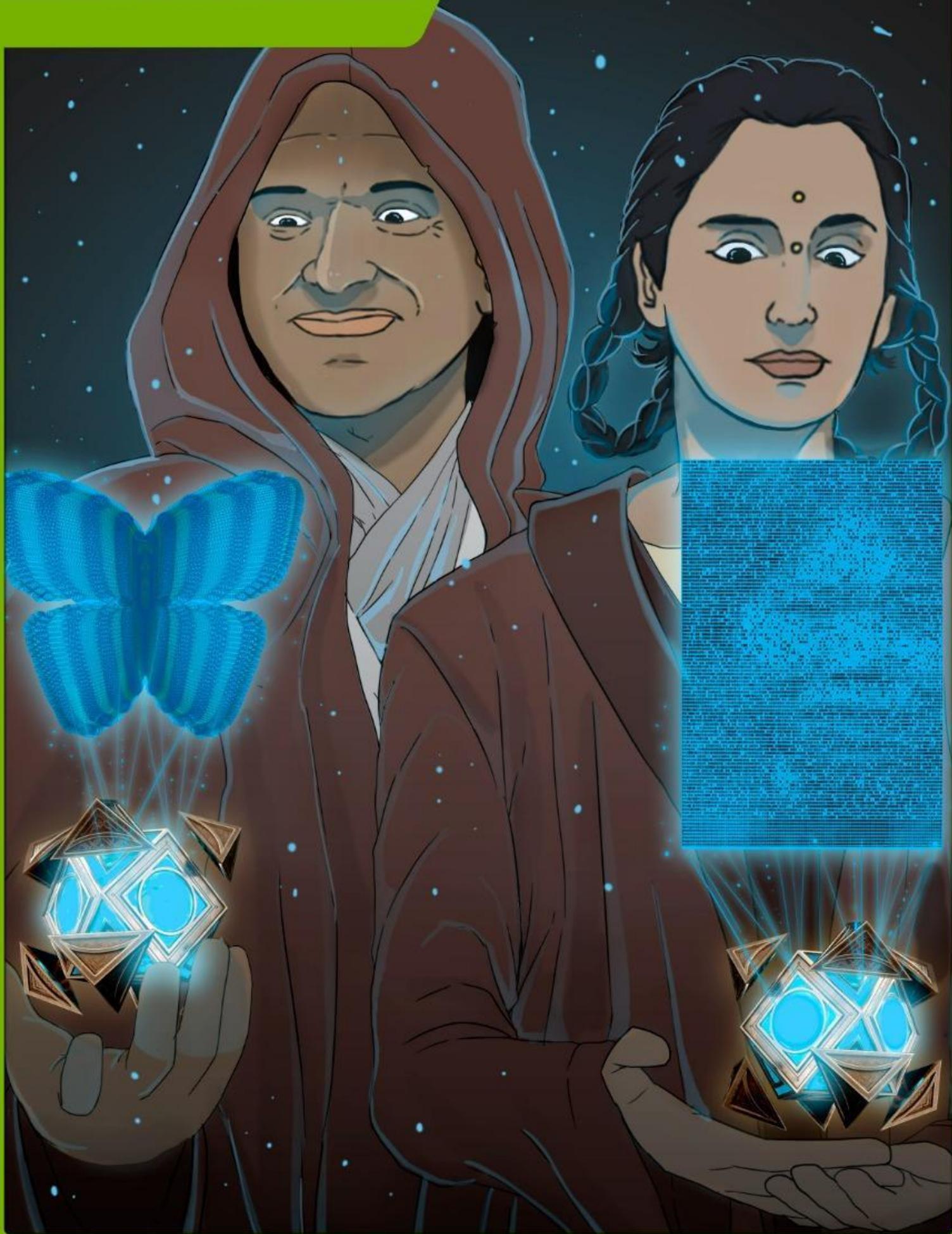
Entusiasmados, ficamos horas envolvidos no processo de explorar as obras dos artistas computacionais e programadores digitais feitas no *Processing* para visualizar a possibilidade de uso e aplicação na pesquisa, sempre buscando fazer intervenções em cada obra para aprender algo novo. Algumas artes computacionais tinha um código mais complexo e exigiam um conhecimento mais aprofundado de programação, outros eram mais simples e possibilitavam uma maior interação e intervenção nos códigos.

Após finalizar o processo de curadoria e produção com o objetivo de investigar o potencial criativo do *Processing*, Eu e Depa decidimos pela escolha do *p5.js*, a versão do *Processing* para *web* como a linguagem de programação que buscávamos para a pesquisa por ser uma linguagem aberta, gratuita, acessível, e poder ser acessada diretamente de um navegador de internet, não haver a necessidade de instalação, de fácil uso e codificação acessível a artistas, designers, educadores e educandos que desejam vivenciar uma aprendizagem criativa em programação científica.

Depa estava animada com as descobertas feitas ao longo da pesquisa. Era visível o seu progresso como pesquisadora cartógrafa; no entanto, ainda tínhamos muito o que avançar. Disse-lhe que precisávamos nos aprofundar no território da programação científica e da arte computacional, investigar os processos criativos dos artistas, realizar intervenções, e fazer

curadoria e produção com o uso do método da cartografia a fim de fazer conexões com o contexto da aprendizagem criativa em programação científica. Depa pareceu-me confusa sobre quais artistas escolher? Quais obras? Quais processos? Isso já era algo que martelava a minha mente de maneira insistente, e não lhe deixei transparecer.

EPISÓDIO 3



EPISÓDIO III – A ARTE DE PROGRAMAR: ARTEONICA E MATEMÁTICA

Anoiteceu e continuávamos no laboratório de tecnologia. Enquanto contemplava o céu estrelado das janelas do Templo e tentava encontrar respostas aos questionamentos que rondavam minha mente, eis que me virei para a Depa e perguntei-lhe se algum dos artistas que ela havia pesquisado durante o processo de curadoria sobre arte computacional havia chamado a sua atenção de cartógrafa. Ela refletiu, por um momento, e disse-me que tinha sido tocada com o trabalho de Waldemar Cordeiro, na série de obras derivadas de uma imagem, em especial a obra “A mulher que não é BB” (ver figura 15). Inicialmente, ela ficou impressionada com o pioneirismo de Cordeiro no final da década de 60 que, movido pelas suas inquietações poéticas e políticas, começou a investigar e a fazer experimentações com computador para fazer arte numa época em que os computadores eram máquinas de grande porte e não tinham monitores ou qualquer tipo de interface gráfica. Cordeiro, em parceria com o físico Giorgio Moscati, conseguiu fazer arte computacional programando os códigos de sua arte perfurando em cartões, que depois eram carregados para uma leitora e executado, tendo seu resultado impresso em caracteres em uma folha de papel de uma impressora matricial. (ARANTES, 2021)

Figura 15 - A Mulher Que Não é BB



Fonte: Enciclopédia Itaú Cultural.

Outro fato que lhe havia tocado era sobre a expressividade da obra que acrescentava uma mensagem crítica, política e social à corrente artística. falou-me com o rosto contraído que essa reproduzia a imagem do rosto de uma menina vietnamita, que fora queimada pelas bombas lançadas pelos Estados Unidos. fechou os olhos como se lembrasse de algo que causava-lhe dor e continuou falando sobre como a composição da obra reproduzida em milhares de caracteres fazia uma alusão aos efeitos devastadores da destruição na guerra. (ARANTES, 2021)

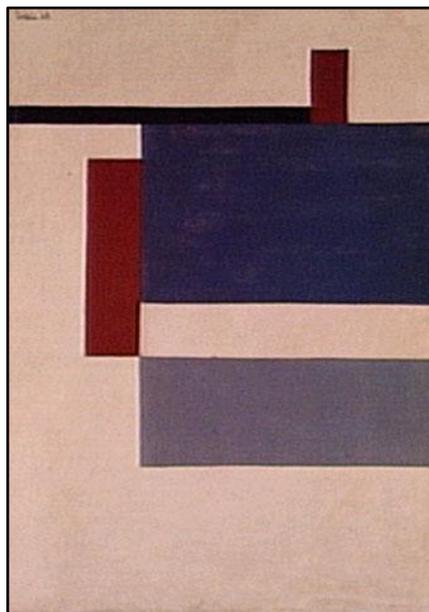
Havíamos, felizmente, encontrado o nosso artista e partimos para o processo de curadoria e produção sobre o artista Waldemar Cordeiro, a fim de conhecer seu processo de criação, analisar suas obras, suas influências e inspirações de uso da programação computacional para criação de sua arte. Seguimos o processo de “curar” e “fazer” segundo Vaz e Rocha (2018), uma curadoria de conteúdos que envolveu pesquisa, seleção, categorização e organização de conteúdos que levaram as reflexões teórica e prática desta pesquisa e que buscou investigar o seu potencial à promoção de uma aprendizagem criativa em programação. Já o “fazer” contribuiu ao processo de interpretação e realização de produções criativas aplicando o método da cartografia que foram materializadas em produtos criativos de diferentes formatos.

3.1 A ARTE DE PROGRAMAR COM WALDEMAR CORDEIRO

Depa, rapidamente, iniciou a curadoria sobre o artista Waldemar Cordeira. A aprendiz estava tão conectada com a pesquisa que parecia não sentir fome ou cansaço. Como pesquisadora cartógrafa, começava a entender o processo de vivenciar a experiência da pesquisa, não apenas como observadora, mas também participante. Começamos então a dialogar sobre o que havíamos pesquisado a respeito de Cordeiro. Eu mencionei a Depa sobre o que havia despertado a minha atenção de pesquisador cartógrafo sobre o Waldemar Cordeiro: Saber que, ao longo de sua vida, seus trabalhos e processos criativos passaram por uma constante evolução percorrendo por várias fases, como a fase concreta (Arte Concreta), a fase geometria intuitiva (Arte Concreta Semântica), a fase Popcreto (Arte Concreta Semântica) até chegar à fase Arteônica com a produção de arte com o computador. Sobre a fase Arteônica, Analivia Cordeiro (2014), filha de Waldemar Cordeiro, relatou que: “Na arte por computador, [...] ele usou tanto seus estudos de matemática, lógica e programação quanto os princípios da proximidade e da semelhança da Gestalt visual, a base da arte concreta.” (CORDEIRO, 2014, p. 699)

Depa disse que ficou surpresa ao saber que o artista plástico Waldemar Cordeiro (Roma, Itália 1925 - São Paulo, São Paulo, 1973) era de origem italiana, naturalizado brasileiro, desde que fixou residência no país no final da década de 40. Ela prosseguiu dizendo que, além de artista plástico, foi crítico de arte, designer, paisagista, teórico e líder do movimento concreto no Brasil e pioneiro na arte com uso do computador no Brasil e na América Latina. Ele participou da mostra inaugural do Museu de Arte Moderna de São Paulo (MAM/SP) em 1949, onde apresentou suas obras (ver figura 16) na exposição Do Figuratvismo ao Abstracionismo. Participou ainda da primeira edição da Bienal Internacional de Arte de São Paulo em 1951, dentre outras edições subsequentes. Em 1952, liderou o Grupo Ruptura e tornou-se um dos principais articuladores do concretismo no país. Participou da 1ª Exposição Nacional de Arte Concreta em 1956 no MAM/SP. (Enciclopédia Itaú Cultural, 2021)

Figura 16 - Estrutura Plástica, 1949



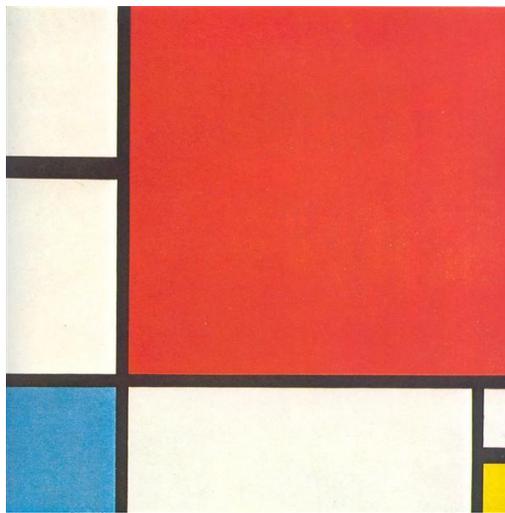
Fonte: Enciclopédia Itaú Cultural

Interrompi Depa e disse-lhe que era preciso aprender um pouco sobre a origem da Arte concreta, seus fundamentos e contribuições nas criações das obras de Waldemar Cordeiro e sua evolução até a arte computacional. Então expliquei-lhe que essa Arte era influenciada pelo Cubismo (1907 a 1914); ressaltara o uso das formas e volumes geométricos, uso das linhas cortadas e cruzadas, da fragmentação das formas; era contrário à ideia de arte como imitação da natureza e rompia radicalmente com a arte acadêmica da época em que primava pelos conceitos de harmonia, proporção, beleza e perspectiva. Do cubismo, nasceu a arte geométrico-construtiva, que influenciara Piet Mondrian (1872- 1944), criador e principal teórico do Neoplasticismo, e Theo Van Doesburg (1883-1931), que adotara o termo Concretismo e

definiu a base da pintura concreta no Manifesto Arte Concreta. Ambos fizeram parte do Movimento De Stijl (1917) de onde derivara a arte concreta brasileira e a arte neoconcreta. (IMBROISI; MARTINS, 2022)

Continuei citando que, segundo Reis (2005) o De Stijl (1917), esse movimento iníara na Holanda, com Piet Mondrian (1872- 1944) e Theo van Doesburg (1883-1931), e como característica havia a abstração com uso de formas retangulares e lineares, dos traços horizontais e verticais e das cores básicas, evidenciadas nas obras de Mondrian (ver figura 17).

Figura 17 - Composição II em Vermelho, Azul e Amarelo



Fonte: site wikiart

Mesmo percebendo o cansaço no rosto de Depa, fiz-lhe mais uma observação sobre o estilo do pintor e arquiteto Van Doesburg, mais geométrico e funcional, o primeiro a adotar o termo Arte concreta e elaborar seu manifesto, publicado na revista Art Concret em 1930. Ele difundira a Arte concreta pela Europa passando pela escola de arte vanguardista Bauhaus na Alemanha onde ministrou cursos e palestras.

Sobre as características da Arte concreta, Van Doesburg declarou:

“1. A arte é universal.; 2. A obra de arte deve ser inteiramente concebida e formada pela mente antes de sua execução. Ela não deve receber nada das propriedades formais da natureza ou da sensualidade e do sentimento. Queremos excluir o lirismo, a dramaticidade, o simbolismo etc.; 3. O quadro deve ser construído inteiramente a partir de elementos puramente plásticos, isto é, superfícies e cores. Um elemento pictórico não possui outro significado além de 'si mesmo' e, portanto, o quadro não tem outro significado além de 'si mesmo'; 4. A construção do quadro, bem como seus elementos, deve ser simples e controlável visualmente.; 5. A técnica deve ser mecânica, isto é, exata e antiimpressionista.; 6. Esforço visando absoluta clareza.” (DOESBURG, 1952, apud REIS, 2005, pg. 29)

Outrossim, foi necessário enfatizar o papel do designer, arquiteto, pintor, escultor e professor Max Bill na divulgação da Arte concreta no Mundo e em especial no Brasil. Atenta e aparentemente vencendo o cansaço, minha aprendiz, ouviu que Bill foi aluno da Escola Bauhaus e adotou o conceito universalista de arte concreta de Theo van Doesburg, sendo responsável pela sua disseminação e vinda ao Brasil na década de 50, e grande influência no movimento concretista brasileiro. Ele buscava uma relação entre o design e a precisão matemática. Nessa época, o país vivera um período de grande desenvolvimento pós-2ª Guerra Mundial com a implantação das indústrias nacionais, automobilísticas, siderúrgicas e o crescimento das cidades, e surgimento da televisão, e outros meios de comunicação. No campo das artes, houve ali a inauguração do Museu de Arte de São Paulo (MASP), em 1947, e do Museu de Arte Moderna (MAM), em 1948, seguido da I Bienal Internacional de São Paulo, em 1951, com a amostra das obras abstratas e concretas; dentre elas a premiada escultura unidade tripartida (ver figura 18) de Max Bill. (REIS, 2005).

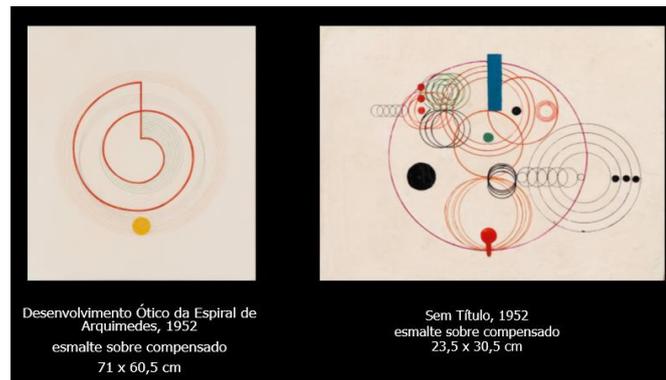
Figura 18 - Unidade Tripartida



Fonte: site bienal

Depa me acompanhava atentamente enquanto eu falava sobre a Arte concreta, e continuei dizendo que a mostra Ruptura no MAM/SP, em 1952, marcou o início da arte concreta no Brasil, promovido pelo Grupo Ruptura e formado por Waldemar Cordeiro, e outros artistas, Juntos lançaram o manifesto Ruptura (ver figura 19) fundamentado nas ideias e nos princípios teóricos da arte concreta do artista suíço Max Bill, a não considerar a arte como representação

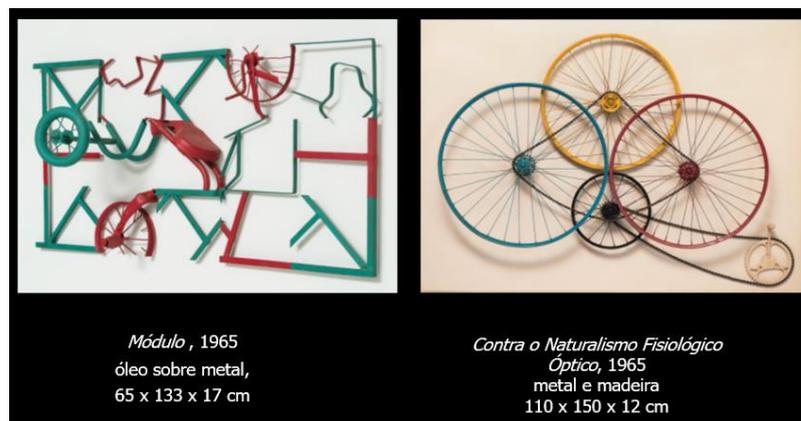
Figura 20 – Obras de Waldemar Cordeiro



Fonte: Waldemar Cordeiro: fantasia exata

A aprendiz ressaltou que a arte concreta contribuiu para a evolução do processo artístico de Cordeiro até chegar à fase arteônica, seja pela sua relação direta com a percepção visual, seja pensamento algorítmico, mas não foi sua única influência. Ela disse que a arteônica (arte computacional) de Waldemar Cordeiro também recebeu contribuições da fase Popcreto ou Arte Concreta Semântica (1964-67) que representou uma virada poética e acrescentou ao seu processo de criação a crítica ao social, à alienação do indivíduo, ao consumismo, à política na época da Ditadura, sendo o seu processo de criação e produção composto de “[...] objetos cotidianos (ou de seus fragmentos), por ele assumidos como signos qualificados por uma estrutura (aquela da obra/objeto), comprometida com o contexto sociocultural em que foi produzida.” (COCCHIARALE, 2013, p. 362) e exigia a participação e interação do público, pela manipulação direta na obra (ver figura 21) ou pelo seu movimento corporal ao redor dela.

Figura 21– Fase Popcreto – Waldemar Cordeiro



Fonte: Waldemar Cordeiro: fantasia exata

Eufórica, Depa prosseguiu falando de sua pesquisa sobre a arte computacional produzida por Waldemar Cordeiro. Ela mencionou que em 1968, Cordeiro fizera uma parceria com físico Giorgio Moscati, nos laboratórios da USP e posteriormente com uma equipe de

programadores da Unicamp, e dera início a sua pesquisa no campo da arte computacional e começou a trabalhar seu processo criativo digital com arte auxiliada por computador. Isso culminara na exposição Arteônica em São Paulo em 1971, que mostrou o estado das artes no campo das estéticas informacionais, e deu a Waldemar Cordeiro o reconhecimento como o pioneiro das artes digitais no Brasil. “Muito cedo ele se deu conta de que as formas artesanais de arte sofreriam um impacto sem precedentes com o advento das novas tecnologias (o computador principalmente) [...]” (MACHADO, 2015, p. 28)

Ela voltou a citar a obra “Derivadas de uma imagem” produzida em colaboração com a Giorgio Moscati, apresentada em 1969, na Exposição Computer Plotter Art em São Paulo, que fez parte da primeira exposição internacional de arte processada pelo computador em 1971, reunindo mais de 450 obras de artistas de vários países, sendo esta a primeira mostra de arte feita no computador no Brasil e na América Latina. Na época para o processamento dessa obra, foi utilizado um computador digital IBM 360/44. Cordeiro (1969) visualizou uma tendência no uso do computador para os que investigam na arte os métodos heurísticos utilizados nos processos de criação, pois ele pode, por meio de cálculos e lógica de programação, resolver problemas e encontrar soluções, de forma mais rápida que os métodos clássicos. (CORDEIRO, 2014, p.580-582)

Era tocante como Depa admirou-se com o trabalho de Cordeiro ao utilizar de recursos eletrônicos e de telecomunicação como tendência de solução para os problemas comunicativos da arte, otimizando a informação e os processos de processamentos da imagem, contribuindo para a análise de processos na atividade artística e tratamento dos problemas artísticos com o auxílio dos computadores. O artista via, na arte eletrônica, uma tendência de uso no campo da arte ao promover a interdisciplinaridade no campo da psicologia da forma (Gestalt) e do processamento de imagens por meio do computador, criando uma linguagem de máquina para a comunicação da sociedade urbana e industrial, destacando semelhanças entre a arte concreta e a arte computacional.

Disse-lhe à Depa que Cordeiro via na Arte computacional um processo de objetivação de ideias por imagens envolvendo cálculos, lógica de programação e experimentações com a arte a fim de expressar “[...] variáveis psicológicas, éticas, sensoriais, ideológicas, sensíveis, intelectivas, etc., mediante operações aritméticas e lógicas.” (CORDEIRO, 2014, p. 600). A arte computacional de Cordeiro foi dividida em duas fases, a da análise e a da programação, na

qual o artista desenvolveu seus processos criativos e artísticos, ao fazer uso de instrumentos matemáticos para codificação do problema e da comunicação com a máquina.

Citei-lhe o relato de MACHADO (2015) sobre a obra “A mulher que não BB” de 1973, como sendo uma das principais obras digitais de Waldemar Cordeiro no seu período de produção de arte computacional. No processo de criação desta obra, ele utilizou do princípio de sistema de pixelização, em que dividia a imagem em várias unidades mínimas, ao utilizar números, letras, sinais e outros elementos com base em uma programação matemática, em que ele usou o conceito matemático da função derivada para produzir transformações na imagem, em conjunto com técnicas que utilizam estrutura de linhas e pontos para construir imagens, como ocorre no processo de tapeçaria, malharia, dentre outros. Em seguida a imagem era transferida para a memória do computador por meio de cartões perfurados para ser impresso numa impressora matricial, e a obra digital tinha vários níveis de visibilidade. Ao se aproximar da obra, a imagem ficava mais abstrata; e, ao se distanciar, ela revelava o rosto da menina vietnamita vítima da guerra do Vietnã.

Destaquei-lhe, ainda, a importância do trabalho colaborativo de Cordeiro com o Físico Giorgi Moscati no processo de investigação e de utilização criativa dos computadores nas artes de forma a compreender em profundidade e explorar suas possibilidades de uso e aplicação na produção de arte computacional. E após várias discussões sobre o processo que envolveria a transformação na imagem, tais como “Transformações geométricas, simetrias, inversões, mudanças em contraste, em granularidade, deformações [...], introdução de ruído aleatório, perda de informação, mistura de imagens etc.” (MOSCATI, 2014, p.649), eles finalmente chegaram à operação de derivação, com base no princípio matemático da derivada de uma função.

Finalizei dizendo que as produções de Waldemar Cordeiro reuniram tecnologia, elementos do concretismo e objetos artísticos industriais. A arte concreta no Brasil influenciou tanto nos processos quanto nos métodos digitais de criação da Arte Computacional.

[...] a arte concreta foi no brasil a única que utilizou métodos digitais para a criação. Coincidindo com o período que apresentou o maior índice de industrialização, a arte concreta no brasil forneceu algoritmos largamente utilizados para comunicação através de meios industriais de produção. a arte concreta visual influiu decisivamente sobre a vanguarda na poesia, na música e na programação visual. (CORDEIRO, 1972, p.594)

Enquanto conversávamos, eu observara a obra com um olhar mais atento e profundo, e percebi que, por trás daquele processo criativo com o uso dos computadores, existia uma forte mensagem. Então, nesse momento, foi como se ela lesse meus pensamentos e atentou para a obra “A mulher que não é BB” e atentamente buscou a mensagem que a obra comunicava. Era perceptível que lhe tocava os sentidos, e, por um momento, permitimo-nos vivenciar uma experiência no sentido de Larossa (2017, p.21) segundo “o que nos passa, o que nos acontece, o que nos toca.” Ver a imagem daquela menina queimada, vítima do bombardeio de napalm na Guerra do Vietnã, desintegrada em milhares caracteres fazendo um paralelo as dores e destruição causadas por uma guerra, fez-me fechar os olhos e refletir acerca do potencial que a arte tem de comunicar, tocar, conscientizar, sensibilizar e provocar transformações. A arte computacional produzida por Waldemar Cordeiro acrescentou um olhar crítico, político e social ao seu processo. Ao abrir meus olhos, vi que Depa estava com o rosto coberto de lágrimas. não nos falamos. cenas não exigem palavras, muitas vezes comunicam sozinhas, ferem, machucam, invadem nossa mente.

Esprei pela respiração dela confirmasse que podia falar e disse-lhe que a obra “A mulher que não é BB” de Waldemar Cordeiro seria a nossa inspiração para o processo de produção e experimentação da pesquisa com o uso do *p5.js*, a fim de explorar as potencialidades da arte computacional para uma experiência de aprendizagem criativa em programação científica. Enfatizei que a intenção de produção feita em arte computacional não é no sentido de recriar programando a obra no *p5.js*, mas uma ação de buscar uma inspiração ao processo criativo de codificação de arte computacional.

Eu disse a Depa para ela recobrar nesse momento os ensinamentos sobre aprendizagem criativa durante seus estudos com os *holocrons* dos grandes mestres Jedi da educação e trazer para a discussão sobre o processo de produção de arte computacional. Sentimos que deveríamos ir além da manipulação de códigos, e agregar a nossa produção o potencial que a arte tem de comunicar, conscientizar, sensibilizar e transformar para que a aprendizagem criativa aconteça segundo Freire (1996) buscando o protagonismo e provocando uma ação transformadora no aprendiz, para que este se reconheça como um ser consciente, crítico, autônomo, investigador e criador, na busca das transformações de sua realidade com seu modo próprio, original e autêntico de viver a vida de maneira criativa em conformidade com os ensinamentos de Winnicott (1975) que traz a concepção de que as pessoas vivem criativamente e sentem que a vida merece ser vivida e ao brincar manifestam sua criatividade, ensinamento este que se conecta com o entendimento de criatividade de Ostrower (2014) na visão do homem como ser

potencialmente criativo, sensível, consciente e cultural, e que manifesta sua criatividade ao viver a vida.

Para além disso, eu sabia que tínhamos a intenção de que esta produção em arte computacional fosse uma produção de afetos e provocasse a experiência no sentido de Larrosa (2017) que requer que estejamos receptivos e abertos ao que nos acontece, ao que nos afeta, atentos aos detalhes, abertos para escutar o outro, para sentir e pensar mais devagar, abstendo-se do juízo e da opinião, e nos transformando no sujeito da experiência que habita espaço de acontecimentos e produção de afetos. (LARROSA, 2017, p. 24), que busca tornar-se o sujeito da experiência interdisciplinar segundo Fazenda (2008, p. 119) capaz de aprender e resolver problemas por meio de experiências e vivências baseada em descobertas e na prática, por meio de modelos dialógicos, pensamento crítico e integração de disciplinas.

Enquanto conversávamos sobre a mensagem que iríamos imprimir, a produção criativa em arte computacional, percebi a cabeça de Depa inclinada para a esquerda olhando para o chão. Fiquei intrigado ao perceber seu olhar melancólico. O brilho nos olhos daquela menina se esvaiu dando lugar a um sentimento de tristeza, uma escuridão que, subitamente, tomou conta do seu ser. Pensei preocupado: “Estaria ela dando passagem ao lado sombrio da força? Qual a razão desse desalento, dessa introspecção? Por que parecia dominada por essa impotência? (característica de um jedi que se afasta da luz)” ela começou a olhar as pontas dos dedos e a lascar as unhas. Comecei a também me julgar; afinal eu a treinara como jedi pesquisadora cartógrafa.

Esperei um pouco pelo seu contato visual para recompor suas emoções. Envergonhada, disse-me que não se sentia capaz de criar uma arte computacional dessa grandeza, já que ela não era uma exímia programadora e muito menos uma artista. Acompanhei-a analisando o piscar dos olhos dela e a maneira da abertura da pupila revelavam a razão do bloqueio do seu processo criativo, ela estava intimidada com a complexidade que este processo exigiria. Dei-lhe um abraço acolhedor e disse-lhe para deixar todas as angústias e medos de lado, suspender o julgamento e o sentimento de incapacidade e permitir ser tocada pela experiência. Lembrei-a de que eu também não era artista e nem dominava a programação, mas acreditava no potencial criativo que habita no homem; dos ensinamentos da Ostrower (2014) acerca da fala sobre a criatividade estar presente na vida do homem e a aprendizagem criativa ocorrer pelas relações do homem com o mundo, em suas formas de convívio e trocas de experiências. Havia um piscar

involuntário, ritmado em seus olhos, e essa resposta mostrava-me que ela estava aberta para a oportunidade de vivenciar uma aprendizagem criativa.

Impressionante como eu me reconhecia nela, em seus medos, suas dúvidas, seus anseios; e isso me fez lembrar de quando era apenas um jovem aprendiz Jedi Cartógrafo e do receio sentido ao trilhar territórios desconhecidos, ao abrir-me ao novo, ao me permitir afetar e ser afetado pela experiência ao longo dos processos de pesquisa. Segurei firmemente em suas mãos e cantei um trecho da canção *True Colors* de Cindi Lauper, usada como amplificação dos meus sentidos muitas vezes diante da minha incapacidade de resolução de algum problema. A canção, cuja tradução de sua letra dizia assim: "Você, com os olhos tristes / Não fique desanimada / Oh, eu sei/ É difícil criar coragem / Num mundo cheio de pessoas / Você pode perder tudo de vista / E a escuridão que está dentro de você / Pode te fazer sentir tão insignificante / Mas eu vejo suas cores verdadeiras / Brilhando por dentro / Eu vejo suas cores verdadeiras/ E é por isso que eu te amo / Então não tenha medo de deixá-las aparecerem / Suas cores verdadeiras / Cores verdadeiras são lindas/ Como um arco-íris".

Em meio a lágrimas, um sorriso despontou no seu rosto. Depa fora tocada pela mensagem. Prossegui falando que nem sempre fui esse Jedi destemido e também carregava o peso de um passado de muitas cobranças na minha vida pessoal, acadêmica e profissional. Fora, assim, frequentemente, assombrado por aquela clássica pergunta: "Que vai ser quando crescer?" Uma cobrança e uma dor carregada desde a infância. E silenciava uma resposta: "Sou obrigado a?" Deixei que meus pensamentos chegassem ao deserto do meu ser, e meu cérebro, estimulado pela emoção, fez-me recitar os versos do poema "Verbo Ser" de Carlos Drummond de Andrade:

Verbo Ser (Carlos Drummond de Andrade)

Que vai ser quando crescer?
 Vivem perguntando em redor. Que é ser?
 É ter um corpo, um jeito, um nome?
 Tenho os três. E sou?
 Tenho de mudar quando crescer? Usar outro nome, corpo e jeito?
 Ou a gente só principia a ser quando cresce?
 É terrível, ser? Dói? É bom? É triste?
 Ser; pronunciado tão depressa, e cabe tantas coisas?
 Repito: Ser, Ser, Ser. Er. R.
 Que vou ser quando crescer?
 Sou obrigado a? Posso escolher?
 Não dá para entender. Não vou ser.
 Vou crescer assim mesmo.
 Sem ser
 Esquecer.

Em meio a recordações de um passado carregado de duras cobranças e posicionamentos acerca da minha vida, de minhas escolhas e do caminho que escolhi trilhar, senti-me nu na presença de minha aprendiz; mesmo, assim, pensei: “Quantas vezes me calei? Quantas vezes desistir de ser “Eu” para seguir um padrão de Ser, que não me representava e me desconstruía em milhares de partículas, como a força destrutiva de uma implosão de bomba napalm dentro de mim. Ação essa causadora de uma desfragmentação da imagem do meu Ser e irradiava uma dor na alma: A dor de não ser aceito pela minha diversidade; a dor transformada em luta, em um grito que ecoa dentro de mim, transvertido em uma indagação “Tenho de mudar? Usar outro nome, corpo e jeito?” Sou obrigado a ser o que a sociedade me impõe? “Sou ser humano, sou homem, mulher, igual e diferente de fato, sou inexato” como nos versos de Elisa Lucinda:

O Inexato – Elisa Lucinda

Que o mundo é sortido
 Toda vida soube
 Quantas vezes
 Quantos versos de mim em minha'alma houve
 Árvore, tronco, maré, tufão, capim, madrugada, aurora, sol a pino e poente
 Tudo carrega seus tons, seu carmim
 O vício, o hábito, o monge
 O que dentro de nós se esconde
 O amor
 O amor
 A gente é que é pequeno
 E a estrelinha é que é grande
 Só que ela tá bem longe
 Sei quase nada meu Senhor
 Só que sou pétala, espinho, flor
 Só que sou fogo, cheiro, tato, plateia e ator
 Água, terra, calmaria e fervor
 Sou homem, mulher
 Igual e diferente de fato
 Sou mamífero, sortido, sortido, mutante, colorido, surpreendente, medroso e estupefato
 Sou ser humano, sou inexato.

Após recitar o poema, minha mente, excitada pelas emoções destamponadas, trouxe-me a música “De toda cor” de Renato Luciano que retrata a diversidade e traz uma reflexão acerca das relações social, de gênero, cor, sexualidade, orientação sexual e étnico-raciais representados na estrofe da música: “Passarinho de toda cor/ Gente de toda cor/ Amarelo, rosa e azul/ Me aceita como eu sou”; e abre a discussão da aceitação do sujeito, de seu modo de ser e sua particularidade. A letra dos poemas e das músicas me tocaram profundamente em minhas inquietações e revelaram minha história de luta contra uma sociedade que busca impor um padrão de Ser.

Emotivo, continuei a cantar e a recitar os poemas para Depa. Mais uma vez, uma jedi chorou levada pela força dessa mensagem poética. Não sei qual sofrimento carregava dentro dela, mas não precisei falar mais nada. Quando a olhei, ela estava com a cabeça inclinada olhando para cima, canto direito dos olhos, buscando a fantasia, a imaginação e a criação. Disse-lhe: “Podes sentir o poder dessa mensagem?”

Ela abriu um sorriso e balançou a cabeça, num gesto de concordância. Mesmo depois de toda essa enxurrada de sensações, relutante, me indagara se não estávamos quebrando o Código Jedi na pesquisa, deixando transbordar tamanha emoção; e, com os olhos fixados no *holocron* dos mestres da aprendizagem, continuou falando se não estaríamos trilhando um caminho arriscado que poderia nos conduzir para o outro lado da força. Lancei-lhe um olhar profundo e disse-lhe: “busque a experiência que te passa, que te acontece e te toca.” Leve-o com você novamente e descubra. Assim que Depa saiu carregando o *holocron*, pensei se ela entendera a importância dos sentidos dentro da aprendizagem criativa.

No dia seguinte, retornei ao laboratório, e parei em frente à janela tentando avistar o horizonte naquela manhã de nevoeiro intenso que encobria toda a beleza e diversidade, existente na cidade, avistada através da parede envidraçada. Havia na cidade uma diversidade que impulsionava meus processos criativos. Senti, nesse momento, a presença de Depa atrás de mim e virei-me; e ela estava ligando os computadores. Sem dizer nada, sentei ao seu lado e comecei a trabalhar em um dos computadores na esperança de encontrar a inspiração para nossa produção. Enquanto digitava ininterruptamente, perguntei a Depa sobre seus estudos com o *holocron*. Ela deu um leve sorriso e respondeu num tom de voz confiante que passou a noite refletindo a respeito de tudo que havíamos vivenciado na pesquisa até o momento e que seus estudos clarearam as suas ideias acerca da mensagem que buscávamos comunicar na codificação da nossa arte computacional. Surpreso, parei de digitar e voltei a atenção a ela, curioso em saber os detalhes. Ela disse-me que teve a ideia de criar um processo inspirado na obra a “mulher que não é BB” em que várias partículas surgem na tela e revelam gradativamente o rosto de uma mulher e a beleza de sua diversidade, com uma mensagem impressa de aceitação do sujeito e inspirada no poema “Verbo Ser” de Carlos Drummond de Andrade, na letra da música “De toda cor” de Renato Luciano e nos versos do poema “O Inexato” de Elisa Lucinda presentes nesta canção, e, ainda, na letra da música “*True Colors*” de Cindi Lauper. Entusiasmados começamos a escrever as primeiras linhas de código no *p5.js* e depois de algumas horas de programação e troca de ideias, a nossa primeira produção em arte computacional havia sido finalizada. (ver figura 22)

Figura 22 – Diversidade Codificada (Kim Phuc) em execução ⁸



Fonte: O Autor (2022)

A primeira arte computacional feita no *p5.js* a fazer parte da série de obras intitulada “Diversidade Codificada” faz referência à Kim Phuc Phan Thi (ver figura 23), sobrevivente da guerra do Vietnã em 1972, atualmente Embaixadora da Boa Vontade da UNESCO pela paz. Ela buscou, no amor e na luta para ajudar as crianças em áreas de conflitos, a cura para cicatrizar suas dores.

Figura 23 – Diversidade Codificada (Kim Phuc)



Fonte: o autor (2022)

⁸ Produzido pelo autor no editor *web* do *p5.js*.

A arte computacional da obra “diversidade codificada – Kim Phuc” foi programada no p5.js do seguinte modo:

```

var img;
var gotas = [];
var intervalo;
let contador = 0;
var som;

function preload() {
  som = loadSound(
    "https://static.wixstatic.com/mp3/3e96db_0262041f030746a68081d6f561a368cd.mp3"
  );
  img = loadImage("kim_phuc.PNG");
}

function setup() {
  som.play();
  som.loop();
  img.resize(windowWidth, windowHeight);
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  //frameRate(5);
  intervalo = 5;
  angleMode(DEGREES);
  noStroke();
  for (let y = intervalo / 2; y <= img.height; y += intervalo) {
    for (let x = intervalo / 2; x <= img.width; x += intervalo) {
      let c = img.get(x, y);
      c[3] = 255;
      let id = c[0] + c[1] + c[2];
      if (id > 0) {
        gotas.push(new Pixel(x, y, c, id));
      }
    }
  }
}

function draw() {
  contador += 5;
  background(255, 204, 51);
  for (let d of gotas) {
    if (d.id < contador) {
      d.move();
      if (d.y > 0) {
        d.show();
      }
    }
  }
}

textFont("arial black");
textSize(18);
fill(255, 255, 255);
text("A dor física", width / 1.6, 30);
textSize(24);
fill(255, 255, 0);
text("Permanece,", width / 1.6, 60);
textSize(18);
fill(255, 255, 255);
text("Mas agora", width / 1.6, 90);

```

```

fill(255, 255, 0);
text("Eu me sinto", width / 1.6, 120);
fill(255, 255, 255);
textSize(28);
text("Livre.", width / 1.6, 150);
fill(255, 255, 0);
textSize(22);
text("Me aceita como sou.", width / 1.6, 180);
fill(255, 255, 255);
text("(Kim Phuc).", width / 1.6, 210);
}
class Pixel {
  constructor(x, y, c, id) {
    this.x = x;
    this.y = -200;
    this.yvel = 10;
    this.basex = x;
    this.basey = y;
    this.c = c;
    this.id = id;
    this.falling = true;
  }
  move() {
    this.y += this.yvel;
    if (this.y < this.basey) {
      this.yvel += 0.5;
    } else {
      this.y -= this.yvel;
      this.yvel *= 0.1;
    }
  }
  show() {
    push();
    fill(this.c);
    translate(this.x, this.y);
    rotate(this.y - this.basey);
    square(-10, 0, intervalo);
    pop();
  }
}
}

```

Parado em frente ao computador, contemplando a força da obra que acabáramos de produzir, busquei em minhas memórias outras referências de mulheres que expressaram essa diversidade codificada em minha vida. Pensei, por alguns minutos, em busca dos encontros que tive com pessoas que, em sua diversidade, me tocaram e trouxeram aprendizados e transformações ao meu Ser. A primeira lembrança surgida foi a de Karla Serrão, um encontro iniciado na graduação e transformado numa amizade para a vida. Uma relação de muitos afetos, trocas e aprendizagens. Ela, assim como eu, uma pessoa de origem humilde com um desejo de transformar a sua realidade, carregava uma certeza em si: a de que a educação seria o motor para potencializar essa transformação.

Para uma sociedade excludente, Karla era apenas uma mulher de descendência indígena, pobre, filha de mãe solteira, vulnerável, sem igualdade de oportunidades que, provavelmente, levaria o mesmo destino de outras meninas de sua classe social; entretanto, ela não aceitou esse destino, nem se acomodou. Dentro dela pulsava uma inquietação, uma não aceitação de sua realidade, um desejo por mudanças, uma potência que impulsionou sua caminhada até a graduação e sua formação como Professora. Acionei meus arquivos e busquei a imagem de Karla Serrão. O olhar dela na imagem penetrou-me e senti a força de sua história por meio dela. Comecei a programar a partir dessa inspiração. Depa acompanhava-me e intrigada por aqueles olhos que não sabia de quem eram. Para mim, Karla é força, garra, superação, intensidade e sensibilidade, uma mistura de qualidades, comportamento e temperamento que formam o seu Ser; e, assim, vê-la surgir na tela, representada numa produção em arte computacional, codificada e materializada em milhares de partículas que compuseram a sua imagem, foi, nessa obra, intitulada por mim “Diversidade Codificada (Karla Serrão)” e descrita com a mensagem: “Sou raça, mulher e mãe. Sou luta, Educadora e livre, sou construção, Cidadã e opinião” (Ver figura 24).

Figura 24 – Diversidade Codificada (Karla Serrão)



Fonte: autor (2022)⁹

⁹ Produzido pelo autor no editor *web* do p5js.

A arte computacional da obra “diversidade codificada” foi codificada no p5.js do seguinte modo:

```

var img;
var gotas = [];
var intervalo;
let contador = 0;
var som;

function preload() {
  som
loadSound("https://static.wixstatic.com/mp3/3e96db_0262041f030746a68081d6f561a368cd.mp3")
  img = loadImage("karla.png");
}

function setup() {
  som.play();
  som.loop();
  img.resize(windowWidth, windowHeight);
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  frameRate(10);
  intervalo = img.height / 200;
  angleMode(DEGREES);
  noStroke();
  for (let y = intervalo / 2; y <= img.height; y += intervalo) {
    for (let x = intervalo / 2; x <= img.width; x += intervalo) {
      let c = img.get(x, y);
      c[3] = 200;
      let id = c[0] + c[1] + c[2];
      if (id > 0) {
        gotas.push(new Pixel(x, y, c, id));
      }
    }
  }
}

function draw() {
  contador += 5;
  background(0);
  for (let d of gotas) {
    if (d.id < contador) {
      d.move();
      if (d.y > 0) {
        d.show();
      }
    }
  }
}

textFont('arial black');
textSize(28);
fill(0,0,255);
text("Sou Raça", width/8, 30);
textSize(22);
fill(255, 0,0);
text("Mulher e mãe", width/8, 60);
textSize(28);

```

```

fill(0,0,255);
text("Sou luta", width/8, 90);
textSize(22);
fill(255, 0,0);
text("Educadora e livre", width/8, 120);
textSize(28);
fill(0,0,255);
text("Sou construção.", width/8, 150);
textSize(22);
fill(255, 0,0);
text("Cidadã e opinião", width/8, 180);
textSize(24);
fill(0,0,255);
text("Me aceita como sou.", width/8, 210);
textSize(20);
fill(255, 0,0);
text("(Karla Serrão).", width/8, 240);
}

class Pixel {
  constructor(x, y, c, id) {
    this.x = x;
    this.y = -200;
    this.yvel = 10;
    this.basex = x^2;
    this.basey = y;
    this.c = c;
    this.id = id;
    this.falling = true;
  }
  move() {
    this.y += this.yvel;
    if (this.y < this.basey) {
      this.yvel += 0.5;
    } else {
      this.y -= this.yvel;
      this.yvel *= 0.1;
    }
  }
  show() {
    push();
    fill(this.c);
    translate(this.x, this.y);
    rotate(this.y - this.basey);
    rect(-30, -30, 2*intervalo, 2*intervalo);
    pop();
  }
}

```

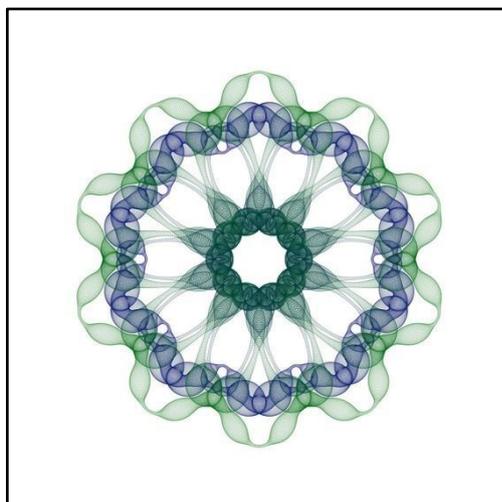
Depa ficou maravilhada com o resultado e, motivada, saímos em busca de mais mulheres. Assim propus a ela a criação de uma galeria de arte computacional com a série de obras “Diversidade Codificada”. Minha aprendiz indagou qual o objetivo dessa produção. Expliquei-lhe que o objetivo era que por meio das produções feitas no *p5.js* pudéssemos entender a potencialidade que a arte computacional tem de promover uma aprendizagem criativa em programação científica.

Ficáramos felizes com o que havíamos produzido, e certos de que estávamos no caminho para alcançar a experiência de aprendizagem criativa no campo da programação com arte computacional por meio deste processo iniciado com a curadoria na obra de Waldemar Cordeiro e identificação com a obra “A mulher que não é BB” até culminar no uso do *p5.js* para produzir arte computacional inspirado nesta obra. Isto despertou o nosso protagonismo e continuamos a avançar em nossa pesquisa que nos levou a busca de outros artistas computacionais. Lembrei-me de que estava acontecendo uma exposição de arte computacional no Museu de Arte Intergaláctica de Coruscant de um artista matemático e computacional chamado Hamid Naderi Yeganeh. Disse a Depa que seria uma excelente oportunidade para conhecermos as obras de um artista que usa matemática como base do seu processo criativo. Depa não hesitou e partimos rumo ao museu de artes em busca de novas conexões envolvendo programação, matemática e arte computacional.

3.2 A ARTE DE PROGRAMAR COM HAMID NADERI YEGANEH

Chegando ao museu, passamos pelo seu suntuoso hall de entrada e subimos as escadarias rumo as galerias e exposições de arte até parar em frente a galeria de arte computacional de Hamid Yeganeh. Ao adentrar a sala, deparamo-nos com uma obra em arte computacional da figura de uma flor (ver figura 25). Em que em seu processo criativo, ele usou de funções trigonométricas combinadas com algoritmos de programação para criar obras de arte matemáticas e computacionais. Ficamos extasiados com tamanha beleza. “Como ele usou a matemática para programar essas figuras matemáticas?”, pensei.

Figura 25 – Flower



Fonte: Huffpost (Hamid N. Yeganeh)

Curiosos, continuamos a explorar a galeria apreciando suas obras e aprendendo mais sobre Yeganeh e sua arte. Depa descobriu que ele é um matemático iraniano que faz arte matemática e computacional utilizando conceitos matemáticos como funções trigonométricas, função exponencial, polígonos regulares, cardióides e segmentos de linha, e que, em seu processo, ele cria desenhos computacionais de objetos da vida real, como pássaros, borboletas, plantas e outras figuras matemáticas. Dentre as expressões utilizadas por Yeganeh, destaca-se o uso das funções seno e cosseno por julgar que suas propriedades, como periodicidade, delimitação e suavidade são úteis e favoráveis para o seu processo. (YEGANEH, 2017)

No processo criativo da produção das flores, Hamid Yeganeh a codificou com milhares de círculos, onde os raios e centros dos círculos foram determinados com funções trigonométricas. De acordo com a descrição dada por Hamid Yeganeh (2017), esta imagem mostra 9.000 círculos, e a fórmula matemática usada foi:

Para $k = 1, 2, 3, \dots, 9000$ o centro do k -ésimo círculo é $(X(k), Y(k))$ e o raio do k -ésimo círculo é $R(k)$, onde

$$X(k) = \cos(14\pi k/9000)(1 - (3/4)(\sin(20\pi k/9000)) - (1/4)(\cos(60\pi k/9000))), \quad Y(k) = \sin(14\pi k/9000)(1 - (3/4)(\sin(20\pi k/9000)) - (1/4)(\cos(60\pi k/9000))),$$

$$R(k) = (1/120) + (1/18)(\sin(60\pi k/9000)) + (1/18)(\sin(160\pi k/9000)).$$

Eu e Depa passamos um longo tempo apreciando as obras de Hamid Yeganeh, até que uma de suas obras despertou-me a atenção, era uma linda figura matemática de uma borboleta (ver figura 26).

Figura 26 – Butterfly(1)



Fonte: HuffPost (Hamid N. Yeganeh)

Depa percebeu o quanto aquela obra me tocara profundamente e, sem hesitar, perguntou o porquê de ela ter chamado a minha atenção de pesquisador cartógrafo. Mas eu não poderia lhe responder de imediato; eu ainda estava vivenciando aquela experiência, por isso, apenas permaneci em silêncio e continuei contemplando-a.

Próximo à obra, havia uma inscrição que mencionava o uso de fórmulas matemáticas para desenhá-la com funções de seno e cosseno. Na inscrição, constava a seguinte fórmula a respeito de seu processo de produção de arte computacional:

Para $k = 1, 2, 3, \dots, 40000$ o centro do k -ésimo círculo é $(X(k), Y(k))$ e o raio do k -ésimo círculo é $R(k)$, onde $X(k) = (6/5) (\cos(141\pi k / 40000)) 9 (1 - (1/2) (\sin(\pi k / 40000)) 3) (1 - (1/4) (\cos(2\pi k / 40000)) 30 (1 + (2/3) (\cos(30\pi k / 40000)) 20) - (\sin(2\pi k / 40000)) 10 (\sin(6\pi k / 40000)) 10 ((1/5) + (4/5) (\cos(24\pi k / 40000)) 20))$, $Y(k) = \cos(2\pi k / 40000) (\cos(141\pi k / 40000)) 2 (1 + (1/4) (\cos(\pi k / 40000)) 24 (\cos(3\pi k / 40000)) 24 (\cos(19\pi k / 40000)) 24)$, $R(k) = (1/100) + (1/40) ((\cos(2820\pi k / 40000)) 6 + (\sin(141\pi k / 40000)) 2) (1 - (\cos(\pi k / 40000)) 16 (\cos(3\pi k / 40000)) 16 (\cos(12\pi k / 40000)) 16)$. O que gerou como resultado uma extraordinária borboleta produzida com 40.000 círculos. (ver figura).

Voltei a observar atentamente a beleza daquela borboleta e a complexidade da fórmula que a gerou, o que me motivou a explorar o seu processo de produção em arte computacional com uso de funções matemáticas; mas Naderi não havia especificado a linguagem de programação ou o software que ele utilizou para produzir sua arte computacional. Depa percebeu meu impasse e sugeriu que voltássemos ao laboratório de tecnologia do Templo Jedi para estudar a técnica de criação do artista Hamid Yeganeh usando as funções seno e cosseno e buscar implementar o nosso processo de produção de borboletas em arte computacional com o *p5.js*. “Que ideia brilhante”, pensei. Assim poderíamos averiguar de que forma essas intersecções com a Matemática e a arte computacional contribuem para uma aprendizagem criativa em programação científica.

De volta aos computadores do laboratório de tecnologias, demos início a uma série de experimentações no editor do *p5.js* inspirado na obra Borboleta de Hamid Naderi. Tomamos, como base, nosso conhecimento prévio sobre funções trigonométricas e nos deixamos levar pela experiência no sentido de Larrosa (2017) aquela que se passa, acontece e toca. Depois de algumas tentativas de codificar uma borboleta, Depa vira a tela de seu computador e exhibe a sua primeira produção, ela criara uma arte conceitual de uma borboleta chamada de “borboleta Pride” (ver figura 27).

Figura 27: Borboleta Pride



Fonte: o autor (2022)¹⁰

A arte computacional da obra “Borboleta Pride” foi codificada no p5.js do seguinte modo:

```

var a = 60;
var r = 30;
var move = 0;

function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  background(0);
  //frameRate(4);
}
function draw() {
  if (r < 300) {
    translate(width / 2, height / 2);
    x = r * cos(a) * 0.5;
    y = r * sin(a) * 0.5;
    fill(random(255), random(255), random(255));

    ellipse(x, y, 10 + move, 10 + move);
    a++;
    r++;
    move += 0.1;
  }
}

```

Ao observar Depa programando seu código da Borboleta, voltei a pensar na borboleta de Hamid Naderi e a razão pela qual ela tocara meus sentimentos. Em minha mente, recitei o

¹⁰ Produzido pelo autor no editor *web* do p5js.

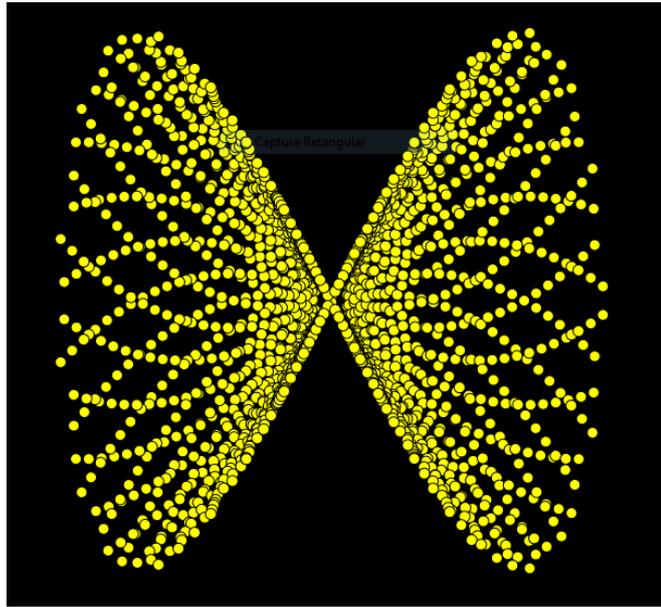
poema 11 de "Biografia do orvalho" do Livro "Retrato Do Artista Quando Coisa", de Manoel De Barros:

“A maior riqueza do homem é a sua incompletude.
 Nesse ponto sou abastado.
 Palavras que me aceitam como sou — eu não
 aceito.
 Não aguento ser apenas um sujeito que abre
 portas, que puxa válvulas, que olha o relógio, que
 compra pão às 6 horas da tarde, que vai lá fora,
 que aponta lápis, que vê a uva etc. etc.
 Perdoai.
 Mas eu preciso ser outros.
 Eu penso renovar o homem usando borboletas.”

Seus versos revelam que a razão de eu ser tocado pela borboleta é porque ela representa essa minha busca por novas aprendizagens em que me reconheço como protagonista e sujeito da ação transformadora na busca da (re)construção dos meus saberes. Já me disse Depa que, para ela, a borboleta representa o seu processo de transformação como pesquisadora cartógrafa e citou um trecho da música “Metamorfose ambulante” de Raul Seixas no qual ela se identificara: “[...] Eu prefiro ser essa metamorfose ambulante/ Do que ter aquela velha opinião formada sobre tudo [...] É chato chegar a um objetivo num instante/ Eu quero viver nessa metamorfose ambulante/ Do que ter aquela velha opinião formada sobre tudo [...]”

Inspirado na obra “Butterfly 1” de Hamid Yeganeh, nos versos da 11ª parte do poema “Biografia do Orvalho” de Manoel de Barros e na letra da música “metamorfose ambulante” de Raul Seixas codificamos no *p5.js* a arte conceitual de uma borboleta chamada de “Metamorfose” (ver figura 28), como um símbolo de mudança e transformação nos processos de aprendizagem de programação com arte computacional.

Figura 28: Borboleta Metamorfose



Fonte: o autor (2022)

A arte computacional da obra “Borboleta Metamorfose” foi codificada no p5.js do seguinte modo:

```

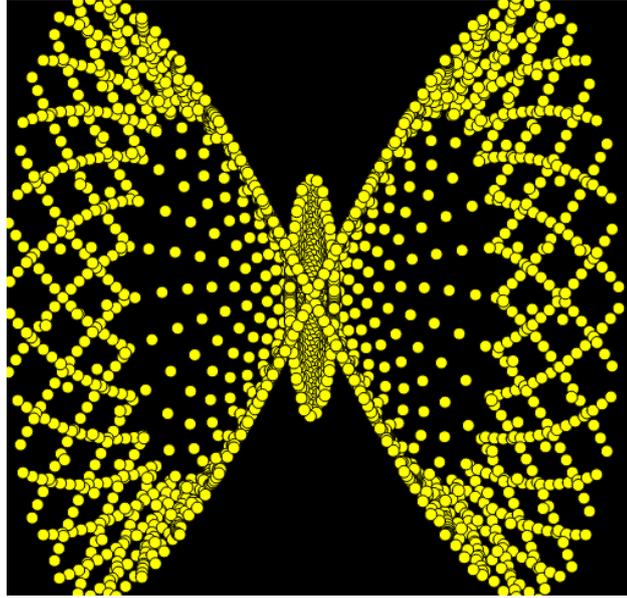
var a = 60;
var r = 30;
var move = 0;

function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  background(0);
}
function draw() {
  if (r < 500) {
    translate(width / 2, height / 2);
    x = r * cos(a) * 0.5;
    y = r * sin(a) * cos(a);
    fill(255, 255, 0);
    ellipse(x, y, 5, 5);
    fill(255, 200, 0);
    ellipse(x, -y, 5, 5);
    a++;
    r+=0.5;
    move += 0.1;
  }
}

```

Eu e Depa seguimos programando a nossa borboleta em arte computacional que ainda passaria por metamorfoses. Seguimos experimentando as funções matemática de seno e cosseno para codificar o corpo da borboleta Metamorfose (ver figura 29) e criar variações na produção de suas asas.

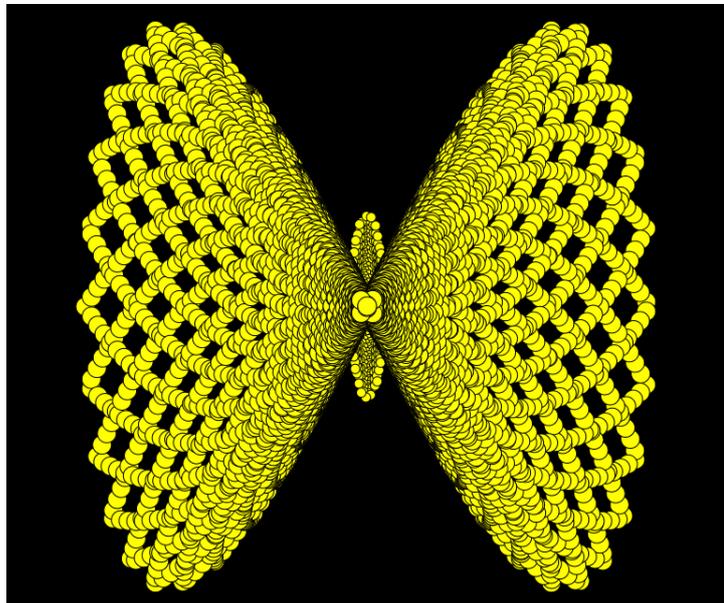
Figura 29: Borboleta Metamorfose 2



Fonte: o autor (2022)

As experimentações no *Processing* levaram a variações no seu código que resultou na produção da borboleta “Metamorfose 3”. (ver figura 30)

Figura 30: Borboleta Metamorfose 3



Fonte: o autor (2022)

A arte computacional da obra “Borboleta Metamorfose 3” foi codificada foi no p5.js do seguinte modo:

```
var a = 0;  
var r = -60;  
var t = 0;
```

```

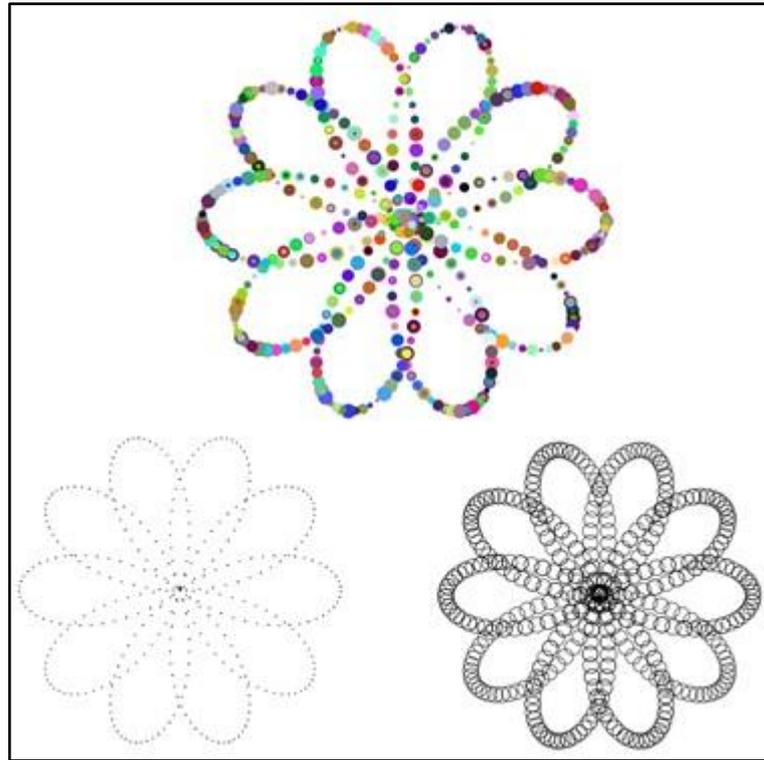
function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  background(0);
}
function draw() {
  if (r < 1.6) {
    //transladar o eixo para o centro da tela
    translate(width / 2, height / 2);
    //asas da borboleta
    x = r * cos(a) * 0.5;
    y = r * sin(a) * cos(a);
    fill(255, 255, 0);
    circle(10 * x, 10 * y, 20);
    fill(255, 255, 0);
    circle(10 * x, -10 * y, 20);

    a++;
    r += 0.03;
    if (t < 10) {
      //corpo da borboleta
      x2 = 1.8 * sin(a);
      y2 = t * cos(a);
      fill(255, 255, 0);
      circle(10 * x2, 10 * y2, 10);
      //circle(x*t, y*t, 10);
    }
    t += 0.02;
  }
}

```

Depois de experimentarmos algumas alterações nos códigos, sentimos a necessidade de aprofundar nos conceitos matemáticos para aperfeiçoar nosso processo de produção de borboletas em arte computacional. Foi, com isso, que decidimos procurar os conhecimentos dos Jedis Matemáticos. Fomos até o Centro de Comunicação do Templo Jedi, chegando lá acessamos o Holonet, uma rede de comunicação em hologramas, e fizemos uma chamada para os Jedis matemáticas Juliana de Souza e Luciano Begot que compartilharam de seus conhecimentos matemáticos. Na primeira noite estudamos a parametrização de curvas no plano, e nas noites seguintes nos encontrávamos virtualmente para continuar os estudos, com isso fomos avançando gradativamente na aprendizagem em matemática, e aprendemos sobre parametrização do círculo e outras curvas parametrizadas já existentes como as da cardioide e da rosácea (ver figura 31) sempre buscando codificar e fazer experimentações no *p5.js*.

Figura 31 – Rosáceas



Fonte – o autor 2022

Conforme avançávamos no aprendizado da matemática, fazíamos as codificações e experimentações no *p5.js* para gerar a arte computacional. A Rosácea foi codificada no *p5.js* do seguinte modo:

```

var t = 30;
var move = 200;

function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  background(255);
}

function draw() {
  if (t < 540) {
    translate(width / 2, height / 2);
    x = move * sin((5 * t) / 30) * cos((2 * t) / 30);
    y = move * sin((5 * t) / 30) * sin((2 * t) / 30);
    fill(random(255), random(255), random(255));
    noStroke();
    circle(x, y, random(15));
    t += 0.5;
  }
}

```

A parametrização da Rosácea me fez lembrar da figura matemática da flor produzida por Hamid Yeagenah, perguntei para os Jedis matemáticos se não existia algum estudo sobre equação paramétrica de borboleta, e foi, por esse modo, que eles apresentaram ao estudo da

curva da borboleta, que apesar de complexo poderia nos dar uma pista sobre como aprimorar o nosso processo criativo. Eu e Depa pegamos a equação paramétrica da curva da borboleta e codificamos do seguinte modo:

```
var t = 0;
var move = 50;

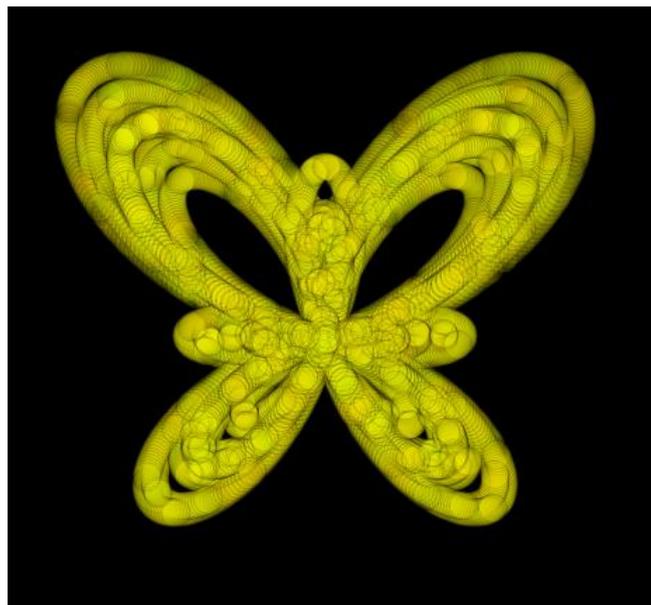
function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  background(0);
}

function draw() {
  if (t < 8000) {
    translate(width / 2, height / 2);
    x = -move * sin(t) * (exp(cos(t)) - 2 * cos(4 * t) - pow(sin(t / 12), 5));
    y = -move * cos(t) * (exp(cos(t)) - 2 * cos(4 * t) - pow(sin(t / 12), 5));
    fill(random(200,255), random(200,255),0,random(30,60));
    strokeWeight(0.2);
    circle(x, y, 20);

    t++;
  }
}
```

No que resultou na produção de uma borboleta em arte computacional com as equações paramétricas da curva das borboletas codificadas no *p5.js*. (Ver figura 32)

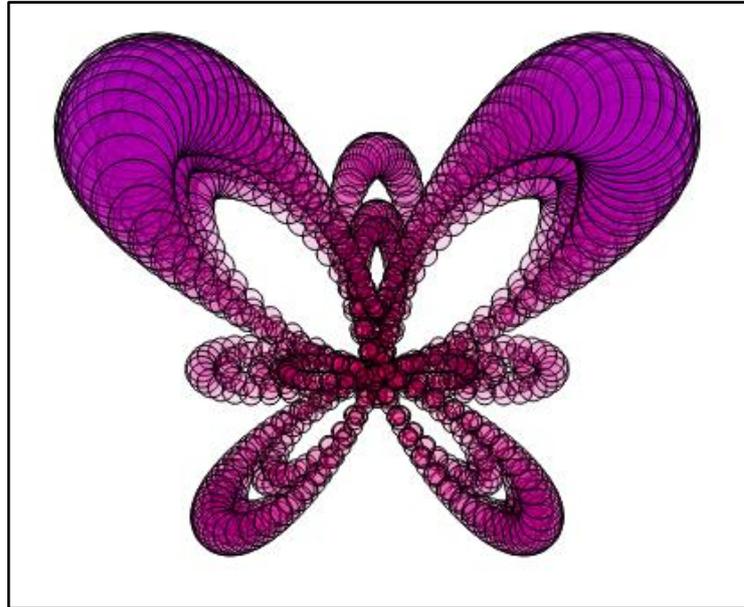
Figura 32 – Curva da Borboleta amarela



Fonte: o autor (2022)

Outra contribuição fundamental para o nosso progresso foi a produção da arte computacional da curva da borboleta feita pelo Jedi matemático Luciano que parametrizou a curva da borboleta no p5.js dando um volume a sua forma. (ver figura 33)

Figura 33 – Curva da borboleta (produzido com Luciano Begot)



Fonte: o autor (2022)

A arte computacional da obra “Curva da borboleta” produzida pelo Luciano Begot foi codificada no p5.js do seguinte modo:

```
var t = 0;

function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  background(255);
}

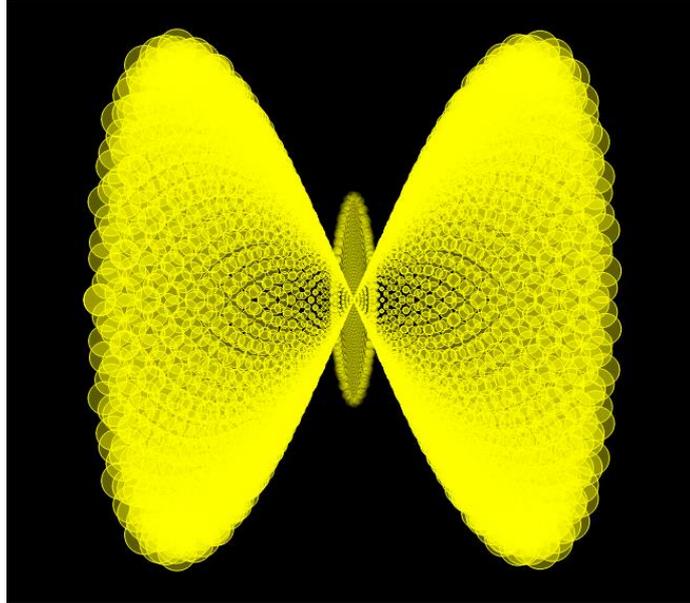
function draw() {
  if (t < 38) {
    translate(width / 2, height / 2);
    x = sin(t) * (exp(cos(t)) - 2 * cos(4 * t) - pow(sin(t / 12), 5));
    y = cos(t) * (exp(cos(t)) - 2 * cos(4 * t) - pow(sin(t / 12), 5));
    r = sqrt(x*x+y*y);
    fill(250-(r/5.05)*100, 0, 100+(r/5.05)*100,random(30,60));
    circle(-50*x, -50*y, 10+ r**3);

    t=t+1/30;
  }
}
```

Ao retornar ao processo de codificação da borboleta Metamorfose trouxemos o aprendizado que tivemos com os Jedis matemáticos para aperfeiçoar o nosso processo criativo de codificação da borboleta, o que nos levou a compreender o quanto a matemática contribuiu

para a aprendizagem de programação científica na criação da arte computacional da nossa borboleta nesta pesquisa. (ver figura 34)

Figura 34: Borboleta Metamorfose 4



Fonte: o autor (2022)

A codificação final da arte computacional da obra “Borboleta Metamorfose” produzida no p5.js ficou do seguinte modo:

```

var a = 0;
var r = -60;
var t = 0;
var r2 = 0;

function setup() {
  createCanvas(windowWidth, windowHeight);
  background(0);
}

function draw() {
  if (r < 1.6) {
    //transladar o eixo para o centro da tela
    translate(width / 2, height / 2);

    //asas da borboleta
    x = r * cos(a) * 0.5;
    y = r * sin(a) * cos(a);
    r2 = sqrt(x * x + y * y);
    stroke(255, 255, 0);
    //fill(255, 255, 0);
    fill(255 - (r / 5.05) * 100, 255, 100 + (r / 5.05) * 100, random(90, 100));
    circle(8 * x, 8 * y, r2);
    //fill(255, 255, 0);
    circle(8 * x, -8 * y, r2);
    a = a + 1 / 5;
    r += 0.03;

    if (t < 10) {

```

```

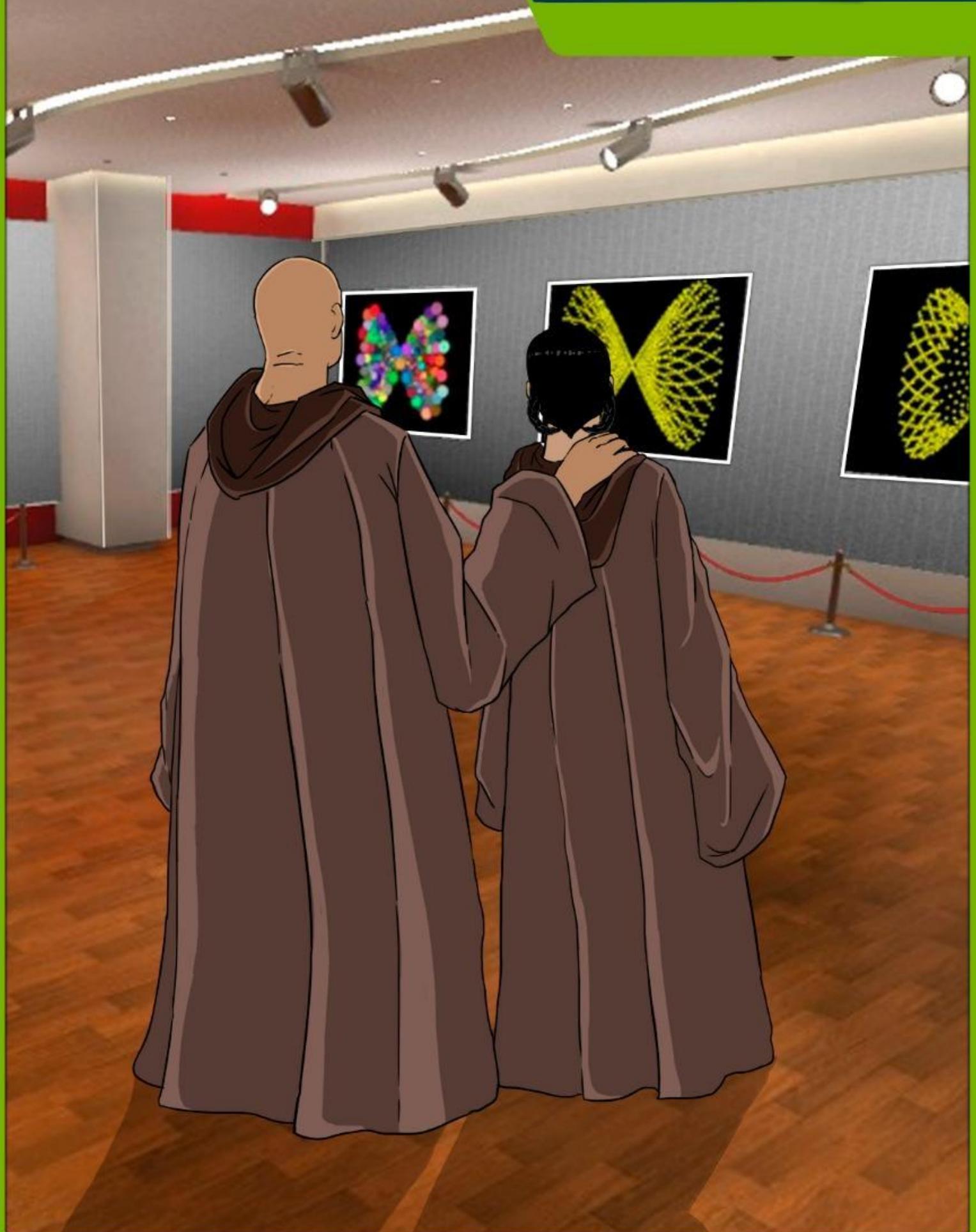
//corpo da borboleta
stroke(0, 60);
x2 = 1.8 * sin(a);
y2 = t * cos(a);
fill(
  255 - (r / 5.05) * 100,
  255,
  100 + (r / 5.05) * 100,
  random(90, 100)
);
fill(255, 255, 0, 60);
circle(10 * x2, 10 * y2, 10);
//circle(x*t, y*t, 10);
}
t += 0.01;
}
}

```

Uma semana após o nosso encontro com os matemáticos Jedis para aprimorar o nosso processo criativo com o aprendizado dos conceitos matemáticos sobre parametrização de curvas, eu e Depa nos reunimos no laboratório de tecnologias para falarmos sobre o resultado de nossas produções e para decidir como iríamos compartilhar destes processos criativos e produtos envolvendo programação, matemática e arte com o uso da linguagem de programação *Processing* no editor *Web p5.js*.

Ela pensou, por alguns minutos, até que surgiu a ideia de produzir um *site* interativo no formato de galeria de arte para uma aprendizagem criativa em programação científica com arte computacional. Respondi-lhe que era uma excelente ideia transformar em objeto de aprendizagem o resultado dos processos e das produções que foram materializados em arte computacional no decorrer da pesquisa. Indagai-lhe ainda sobre quais programas poderiam nos auxiliar na construção desta galeria e de que forma acrescentaríamos esse processo interativo. Ainda não sabíamos como implementar essa proposta, mas estávamos confiantes em nosso potencial criativo e decidimos continuar com nossa investigação. Por conseguinte, um novo desafio se configurava diante de nós.

EPISÓDIO 4



EPISÓDIO IV - A ARTE DE CRIAR UMA GALERIA VIRTUAL

Retornei a atenção ao alto conselho Jedi, dei uma pausa na fala e fiquei a observá-los, seus olhares atentos, sua face sem expressividade e postura estática chegavam a intimidar. “O que se passaria em seus pensamentos? Estariam eles comprazidos com o progresso de minha pesquisa?” Olhei para Depa, a palidez em seu rosto não escondia o anseio pelo término de nossa defesa. Estávamos quase terminando. De repente um dos membros do conselho questionou-me sobre como pretendíamos divulgar os resultados da nossa pesquisa de modo a promover a interatividade no campo da arte computacional e da aprendizagem criativa em programação científica. Puxei a respiração, entonei a voz e respondi que eu e Depa optamos em criar um site interativo no formato de galeria de arte computacional com a intenção de proporcionar ao usuário/aprendiz uma experiência de aprendizagem criativa em programação científica e arte, em que, ao navegar pelas obras, ele teria a liberdade de acessar e modificar os códigos, livre das amarras de instruções ou passo a passo, mas levados pela curiosidade e desejo de vivenciar a aprendizagem segundo Freire (1996, p. 21) em “Saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”.

Com isso, entendemos que a intencionalidade deste produto é levar o aprendiz a ser protagonista de sua aprendizagem ao navegar pela galeria e interagir com suas obras em arte computacional, ele ativa a sua curiosidade, “a curiosidade como inquietação indagadora, como inclinação ao desvelamento de algo [...]” (FREIRE,1996, p. 15), não como expectador, mas como sujeito da ação transformadora, livre para acessar as linhas de programação da arte e fazer intervenções e interações para modificar a obra pelos códigos e deixar fluir sua curiosidade e criatividade. Citei novamente Freire (1996, p. 15) “Não haveria criatividade sem a curiosidade que nos move e que nos põe pacientemente impacientes diante do mundo que não fizemos, acrescentando a ele algo que fazemos.”

O formato da galeria de arte computacional, a saber, Grandes Mestres Jedis, com navegação e conteúdo 3D interativo, convida o usuário/aprendiz a ver e explorar a galeria de obras de arte computacional, ao mesmo tempo em que serão convidados a interagir com os códigos de programação, ao experimentar, modificar e executar livremente esses códigos buscando também uma experiência no brincar de Winnicott (1975) e na experiência no sentido de Larrosa (2017, p. 21) segundo “o que nos passa, o que nos acontece, o que nos toca.”

Recordei de quando falara sobre a construção do site com Depa, e de que havia notado sua ansiedade em finalizar o processo. Para acalmá-la, toquei gentilmente em seus ombros e pedi para ela respirar calmamente e desacelerar. Disse à Depa que, antes de iniciar a criação do *site*, era preciso fundamentar o entendimento de objetos de aprendizagem (OA). Para isso, recorri a Braga (2015) que os definem como recursos digitais, imagens, áudio, vídeos, animações, softwares, hipertexto, simulação, associado a uma estratégia pedagógica. Vale ressaltar que suas características devem promover o seu reuso e utilização para apoiar a aprendizagem em contexto educacional. Essa definição me ajudou a embasar a intenção de produzir um produto educacional para esta pesquisa que promovesse uma experiência criativa em programação com arte computacional.

Outra questão relevante nesse processo, é que devemos estar de acordo com a orientação dada pela Capes (2019). Esses processos e produtos devem ser resultado de um processo criativo produzido a partir de uma atividade de pesquisa com a finalidade de propor soluções para as dificuldades encontradas, ao buscar uma perspectiva interdisciplinar no processo de ensino e aprendizagem. Devem também apresentar grau de complexidade, inovação, especificidade e profundidade, e ter utilidade para os professores da Educação Básica e do Ensino Superior, assim como os demais profissionais que atuam nos mais diversos espaços de ensino. E ainda precisam estar disponíveis para uso, nos sites dos programas ou em outros repositórios, para que possam ser disseminados nas escolas em todo o País.

Desse modo, por ser a intenção criar um produto educacional ou material educativo, busquei também um embasamento em Kaplún (2003) que traz o entendimento sobre material educativo, como sendo um objeto, seja áudio, vídeo, animação, software, hipertexto, multimídia, dentre outros que possam proporcionar uma experiência de aprendizagem ou ainda apoiar ou mediar o desenvolvimento desta, bem como promover alguma transformação seja no sentido conceitual, afetivo, seja atitudinal, de habilidades dentre outras.

Depa ficou admirada, pois não sabia que precisava se atentar a tantos detalhes. Prossegui falando que como propusera a criação de um produto educacional, era preciso ter a percepção de que “[...] uma criação de qualidade requer a conjunção de vários saberes: conceituais, educativos, comunicacionais, artísticos e técnicos.” (Kaplún, 2003, p. 47). Em vista disso, Kaplun (2003) propõe três eixos para nortear a produção dos materiais educativos: O conceitual, o pedagógico e o comunicacional.

Depa me ouvia atentamente e anotava em seu caderno o que considerara relevante para o planejamento e implementação do site, continuei explicando que o eixo Conceitual se refere ao sentido de buscar e se aprofundar nos conceitos e assuntos, ao se consultar as fontes e os autores do domínio, a fim de escolher as ideias centrais e/ou temas que estarão presentes no material educativo, para potencializar uma experiência de aprendizagem.

Outrossim, o eixo pedagógico é considerado fator determinante na criação de um material educativo, segundo Kaplun (2003, p. 49): “é através dele que estabelecemos um ponto de partida e um ponto de chegada, em termos de tentativa, para o destinatário do material” com a finalidade de apresentar um caminho em “[...] que ele é convidado a percorrer uma nova perspectiva que queremos abrir para ele, ou que lhe propomos que descubra”. (KAPLÚN, 2003, p. 49). E, por fim, vem o eixo comunicacional que trata do formato, da linguagem utilizada no material educativo e suas formas de comunicação com o seu público, levando-os a uma reflexão sobre o tema e estimulando a produção de novos saberes.

Partindo dessa fundamentação, foi que iniciamos a criação da galeria de arte computacional com conteúdo interativo e navegação com web3D, tendo como partida a ideia visitação e interação dentro de uma galeria de arte virtual, em que, conforme o usuário, faz a visitação pelas obras, ele poderá interagir com a arte computacional por meio de sua sintaxe de programação, podendo alterar e executar os códigos livremente na busca de uma experiência no brincar (WINNICOTT, 1975). Ao experimentar, reproduzir, modificar, ele amplia o contato com a programação dos códigos sempre buscando acrescentar algo novo e original conforme o que lhe acontece ou o que lhe toca a partir da experiência e sentido descrito por Larrosa (2017) até que, ao término da visitação, ele seja capaz de modificar ou criar o seu próprio esboço de arte computacional, fazendo uso da sua criatividade para produzir uma composição original.

Enfatizei à Depa, que teríamos que configurar este produto de modo a apresentar aderência às linhas e, aos projetos de pesquisa do PPGCIMES, que tem como público-alvo docentes e discentes do Ensino Superior, de disciplinas afins de lógica de programação e estendido a outros públicos que desejem vivenciar uma experiência de aprendizagem criativa em programação.

Caía a tarde em Coruscant, da janela do laboratório avistávamos o sol se pondo em mais um dia intenso de trabalho. Eu e Depa seguíamos para estudos das características pedagógicas do objeto de aprendizagem afim de definir o desenho pedagógico do site interativo. Dentre as

características pedagógicas relevantes para o produto destacou-se a interatividade, a autonomia, a cooperação, a cognição e a afetividade que formaram o seu desenho pedagógico.

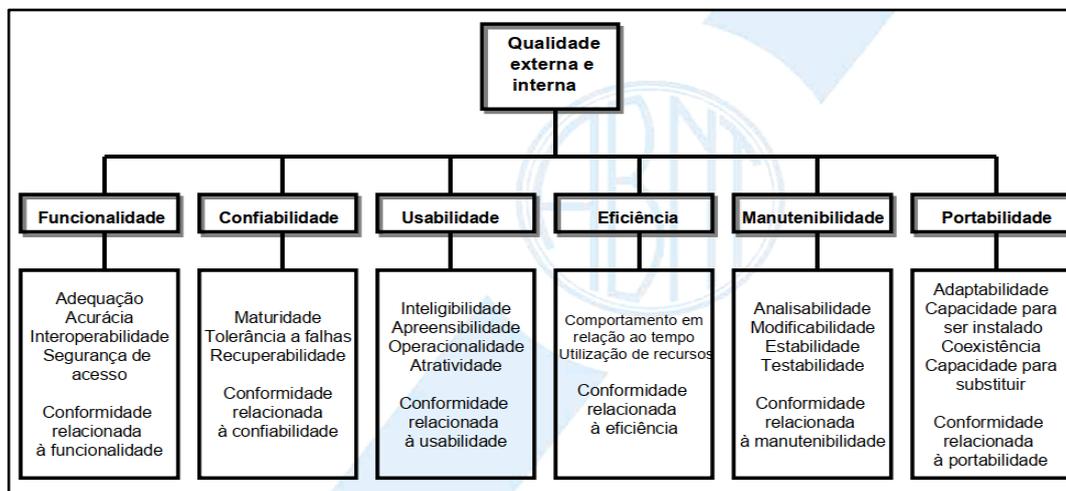
Depa me questionara sobre a relevância da configuração de todos esses pré-requisitos para a produção de um produto educacional. Eu respondi que como tínhamos a intenção de ir além da criação de um site para visualização do resultado da nossa pesquisa, era preciso planejar este objeto de aprendizagem de modo que ele pudesse promover o protagonismo do aprendiz. Para tal, era preciso definir seu desenho pedagógico, iniciamos pelo conceito de interatividade como característica pedagógica que está fundamentada em Braga (2015) que traz a concepção de que a interatividade está relacionada à capacidade que o aluno tem de intervir no conteúdo disponibilizado pelo Objeto de aprendizagem com uma ação ativa e participativa, e com potencial de contribuir no seu processo de aprendizagem de forma significativa. E para atingir tal finalidade, era preciso indicar “[...] se há suporte às concretizações e ações mentais, requerendo que o estudante interaja com o conteúdo de alguma forma, podendo ver, ouvir ou responder algo.” (GALAFASSI et al., 2013, p. 43)

A característica da autonomia é no sentido de permitir que o usuário/aprendiz tenha iniciativa e tome decisões com base nas suas interações, que segundo Freire (1996, p.41), “[...]A autonomia vai se constituindo na experiência de várias, inúmeras decisões, que vão sendo tomadas.” A cooperação tem como característica auxiliar e promover o engajamento com outros participantes para uma construção colaborativa da aprendizagem, ao mesmo tempo em que se busca resolver um problema, atingir um objetivo ou conquista. Segundo Galafassi et al. (2013, p. 43), a cooperação “indica se há suporte para os usuários trocar ideias e trabalhar coletivamente sobre o conceito apresentado.” Já a cognição dentro do desenho pedagógico do site interativo foi planejada, a fim de avaliar a atividade cognitiva sofrida pelo usuário ao acessar e interagir com os conteúdos. A cognição, “refere-se às sobrecargas cognitivas colocadas na memória do aprendiz durante o processo de ensino-aprendizagem.” (GALAFASSI ET AL.,2013, p. 43) E por fim a “afetividade está relacionada com sentimentos e motivações do aluno com sua aprendizagem e com seus professores e colegas”. (GALAFASSI ET AL.,2013, p. 43)

Além das definições das características pedagógicas do produto foi preciso definir os detalhes técnicos dos objetos de aprendizagem, que foram idealizados e projetados de forma a garantir não só o apoio efetivo à aprendizagem, como também o seu reuso. Por isso, foi importante também definir as características técnicas do produto. (BRAGA, 2015)

A escolha das características técnicas relevantes para o produto em questão foi tomada como base nas normas de qualidade de software ISO/IEC 9126 que apresenta um conjunto de parâmetros que auxiliam na avaliação de qualidade dos produtos e processos de desenvolvimento de software. Esta norma dispõe de um modelo de qualidade para produtos de software com seis características principais, cada uma delas subdivididas em subcaracterísticas, que compõem os atributos de qualidade do software, são eles: Funcionalidade; confiabilidade; usabilidade; eficiência; manutenibilidade; portabilidade. (ver figura 35)

Figura 35 – Modelo de Qualidade da Norma ISO 9126



Fonte: NBR ISO/IEC 9126-1

Solicitei que Depa buscasse se aprofundar nas características relevantes ao nosso produto, momentos depois ela retornou com as definições norteadas nas normas de qualidade de software ISO/IEC 9126. A respeito da funcionalidade se referiu a capacidade em prover funcionalidades que alcancem ou satisfaçam as necessidades do usuário, de acordo com um determinado contexto de uso. Para tal fim era preciso adequar o produto para que ele executasse as tarefas e os objetivos do usuário de forma apropriada, com acurácia a fim de prover os resultados com grau necessário de precisão e interoperabilidade.

A confiabilidade vem da capacidade que o produto tem de não apresentar defeito técnico de uso ou erros no conteúdo. Daí a importância de pensar na maturidade do produto, ou seja, a sua capacidade de evitar falhas. Em caso de ocorrência de falhas ou defeitos no produto, ele deve ser capaz de manter seu funcionamento, dentro de um nível de desempenho capaz de restabelecer e recuperar seus dados, de acordo com as normas e leis relacionadas à

confiabilidade. Já a usabilidade está relacionada à capacidade do produto de ser fácil de operar, aprender e usar por qualquer usuário. Ela apresenta atributos de estética atrativa ao usuário, de inteligibilidade, que é a capacidade do produto ser de fácil compreensão de uso pelo usuário; de apreensão, ou seja, fácil de apreender; de operacionalidade, fácil de operar ou controlar; de promoção de práticas inclusiva de a acessibilidade seguindo as normas, regras e regulamentações de usabilidade.

A eficiência é uma característica relacionada ao tempo de resposta e uso de recursos necessários à sua execução e quanto isso afeta o seu nível de desempenho. A manutenibilidade é a facilidade de se fazer modificações ou melhorias no produto de software seja para fazer correções de defeitos, seja para adicionar funcionalidade. A portabilidade refere-se à capacidade de ser instalado ou transferido para outros ambientes, isso inclui questões relacionadas a diferentes tipos de infraestrutura e recursos de hardware e software e ambiente. Dessa forma, buscou-se empregar o uso das características técnicas definidas na norma de qualidade de software ISO/IEC 9126 na produção técnica do produto proposto a fim de torná-lo aplicável, abrangente e compartilhável.

Após estudarmos e definirmos as características pedagógicas e técnicas do nosso produto, Depa me atentou ao fato de se tratando de um produto educacional seria preciso buscar um repositório para armazenar, catalogar e disponibilizar os objetos de aprendizagem para reuso em contextos educacionais. Que de acordo com Braga (2015) há vários repositórios online, de acesso público e gratuito, especializados no armazenamento de objetos de aprendizagem e outros produtos educacionais. Dentre os repositórios nacionais, ela achou importante citar: o Banco Internacional de Objetos Educacionais, o eduCAPES e o UFPA Multimídias.

Depa fez uma breve apresentação sobre cada um deles: O Banco Internacional de Objetos Educacionais, criado em 2008, pelo Ministério da Educação com o objetivo de armazenar e compartilhar recursos educacionais, abertos em diversos formatos, são considerados importantes para a comunidade educacional. Além de estimular experiências individuais entre diversos países, uma vez que ele conta com recursos de diferentes países e línguas, os seus materiais publicados podem ser acessados livremente, disponíveis no site eletrônico <http://objetoseducacionais.mec.gov.br/>

O EduCAPES é um portal de objetos educacionais abertos que disponibiliza materiais educacionais licenciados de maneira aberta com os docentes e discentes da educação básica ao

superior. No seu acervo, constam milhares de objetos de aprendizagem de licença aberta ou sob domínio público. Ele está disponível no *site* eletrônico <https://educapes.capes.gov.br/>

O UFPA Multimídia é um repositório virtual desenvolvido pela Universidade Federal do Pará que faz parte de um projeto que institucionaliza Tecnologias de Informação e Comunicação na UFPA em vários formatos de linguagem multimídia. Ele está disponível no site eletrônico <http://www.multimidia.ufpa.br/jspui/>

Dentre os repositórios pesquisados, escolhemos o EduCAPES como repositório para disseminar o nosso produto educacional a fim de que ele esteja disponível para acesso a seu público-alvo e de fácil busca, recuperação e reuso. Cumprindo assim umas das características do produto que, conforme Rizzatti et al. (2020, p. 4), deve “[...]ser compartilhável, registrado em plataforma, [...], apresentar potencial de replicabilidade por terceiros, além de ter sido desenvolvido e aplicado para fins de avaliação, prioritariamente, com o público-alvo a que se destina”.

Depa perguntou se eu já tinha alguma sugestão de nome e domínio para o site. Respondi que enquanto faláramos sobre as características pedagógicas e técnicas do nosso produto me veio à mente o nome “artedeprogramar” que estaria em concordância com o propósito da galeria de arte computacional em promover uma experiência de aprendizagem criativa em programação científica e que o site seria hospedado no domínio www.matematicaearte.com/artedeprogramar.

Depa ficou admirada com a quantidade de detalhes que demandava a elaboração e implementação de um produto educacional. Balancei a cabeça concordando e com um leve sorriso no rosto disse a ela que ainda tínhamos muito trilhar. Ela arregalou os olhos assustada, como quem não entendera ao certo, e prossegui dizendo que era preciso buscar referências de sites ou plataformas que utilizam do formato de galeria digital para explorar seus formatos e recursos de interatividade afim de inspirar e somar ao nosso processo criativo.

4.1 – A ARTE DE PROGRAMAR COM INTERATIVIDADE

A nossa busca deu início pelo site Google Arts & Culture que tem parceria com museus, instituições culturais e artistas de diversos países com a finalidade de tornar a arte e a cultura acessível a todos por meio da digitalização, organização e curadoria de obras e publicação no formato on-line, e visa promover ao visitante experiências interativas através de exposições digitais imersivas, em 3D, realidade virtual e aumentada, passeios virtuais em 360 ° e com *street view*.

Curiosos começamos a explorar as exposições digitais, ao acessá-las suas obras digitalizadas foram sendo apresentadas em um carrossel de imagens que se ampliavam e reduziam diante dos nossos olhos, em conjunto com a execução de vídeos, áudios, notas de visualizações, áudio descrição e outros recursos que aumentava a nossa experiência imersiva na exposição online. (ver figura 36)

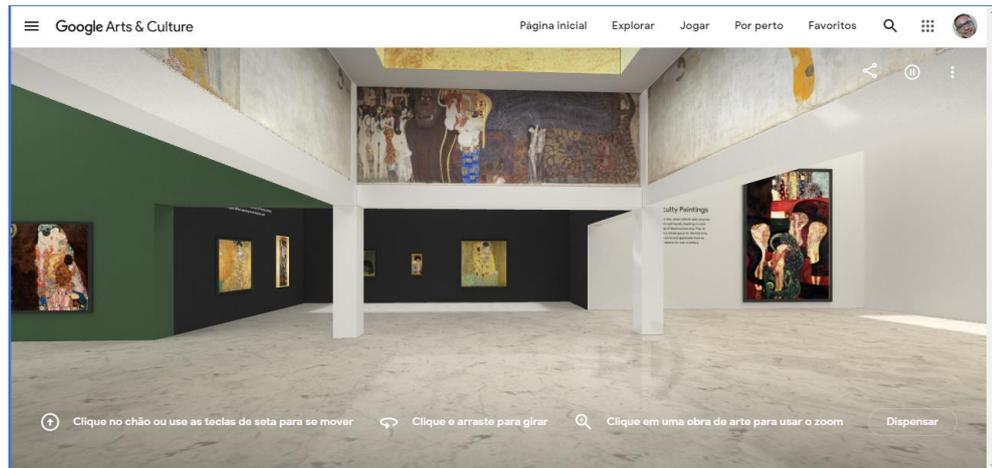
Figura 36: Exposição digital Van Gogh



Fonte: site Google Arts & Culture

Em seguida entramos nas galerias em 3D que permitem uma navegação dentro de um cenário 3D, sendo possível se movimentar com o uso das setas do teclado ou por cliques com o cursor do mouse; ao se aproximar e clicar nas obras é possível acessar uma descrição e ampliá-las com um zoom para olhar os detalhes. A galeria em 3D permite reunir em um único ambiente virtual, o acervo das obras dos artistas num formato digitalizado. (ver figura 37)

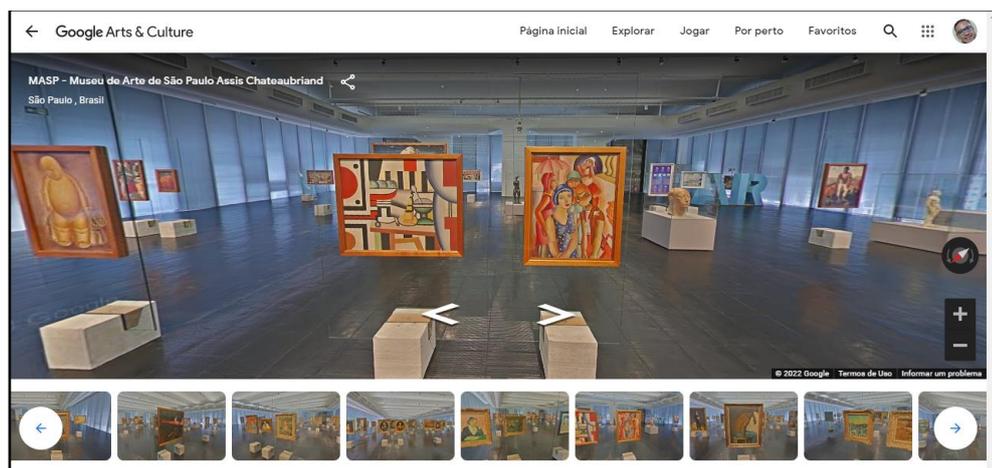
Figura 37: Klimt vs. Klimt – Pocket Gallery



Fonte: site Google Arts & Culture

Outra experiência interativa foi a visitação nos museus com o recurso de *Tour Virtual 360° Google* que nos permitiu passar por uma experiência interativa dentro de uma representação virtual do ambiente do museu e de suas galerias, sendo possível navegar pelas salas e corredores e acessar as obras com uma sensação realística como se estivéssemos dentro do museu real. A experiência é aumentada ao utilizar recursos de óculos de realidade virtual. (ver figura 38)

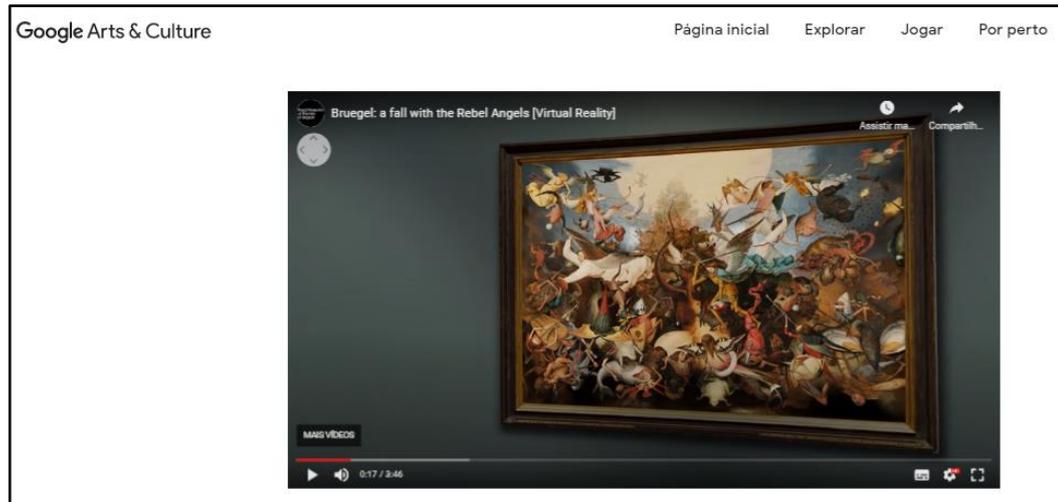
Figura 38: MASP em Street view



Fonte: Site Google Arts & Culture

Outra opção é a visitação guiada com vídeos em 360° nos levou a uma experiência interativa por meio de vídeos imersivos gravados em que foi possível controlar a direção da visualização enquanto guiados pelo áudio da narração do vídeo que vai sendo apresentado conforme vai se imergindo nas obras das exposições, que ganham movimento com recursos de animação. (ver figura 39)

Figura 39: Bruegel: a fall with the Rebel Angels [Virtual Reality]

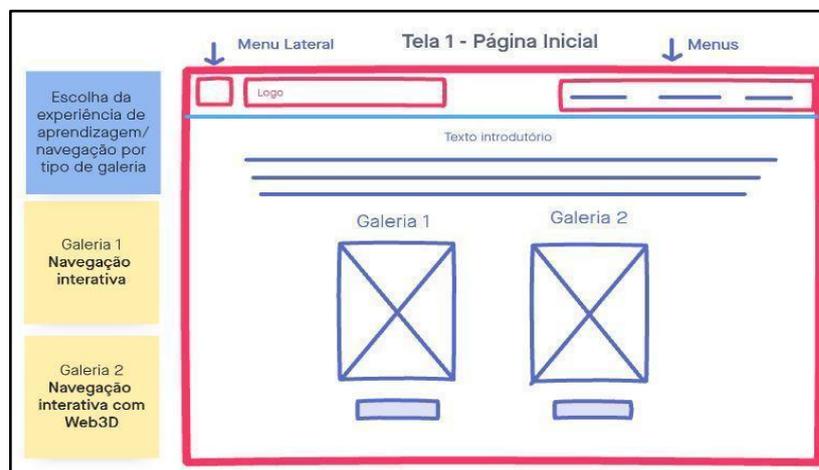


Fonte: Site Google Arts & Culture

Depois de termos navegado pelas galerias do site Google Arts & Culture nossa cabeça fervilhava de ideias e avançamos para a etapa de prototipagem do nosso produto que foi importante no processo de criação do site com conteúdo interativo no formato de galeria de arte computacional. A prototipação inicial serviu para organizar nossas ideias, para ter uma visão conceitual do produto de forma simplificada e para esboçar uma representação deste. Um protótipo é uma “representação limitada [...] um modelo em escala menor ou parte de um software em desenvolvimento”. (SANTA ROSA; MORAES, 2008, p. 197)

No processo de elaboração do protótipo do site foi usado a ferramenta digital *Invision Freehand* para fazer os esboços iniciais das *interfaces* do *site*. A tela inicial do site “Arte de Programar” traz uma apresentação da proposta do produto seguido das opções de acesso as galerias 1 e 2. (Ver figura 40).

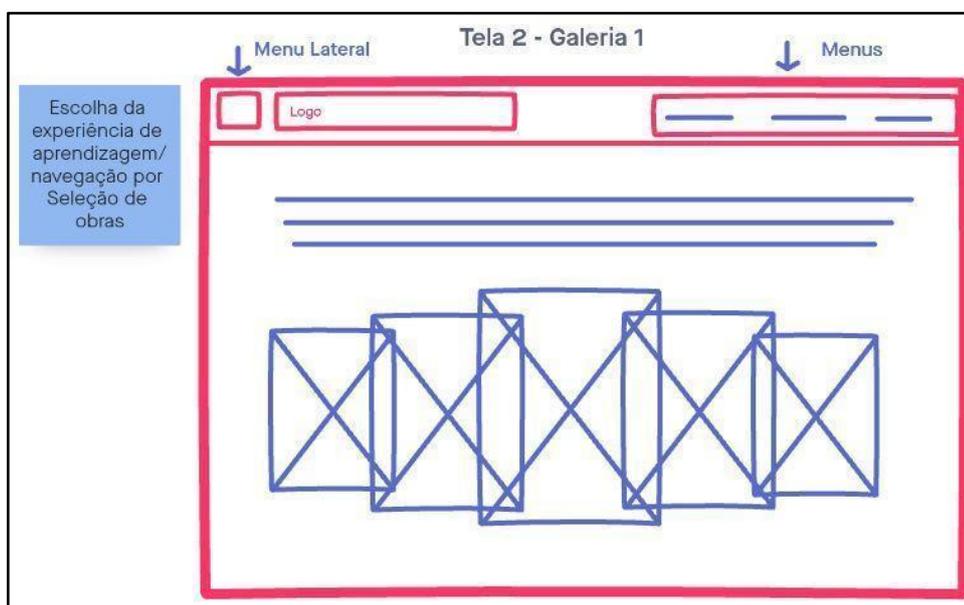
Figura 40 – Página inicial do site: A arte de programar



Fonte: o autor (2021)

A galeria 1 (ver figura 41) é apresentada no formato de carrossel de imagens de forma a dar ao usuário/aprendiz a opção de navegar pelas obras aleatoriamente e selecionar a arte computacional que deseja interagir, executar e acessar seus códigos e sintaxe de programação, com o objetivo de levá-lo a uma experiência de aprendizagem criativa dentro da concepção pedagógica de Paulo Freire (1996, 2014) como aprendizagem por meio de processo de vivência, construção e reconstrução do saber onde o aprendiz é o sujeito principal da ação transformadora, que deve ser levado pela sua curiosidade.

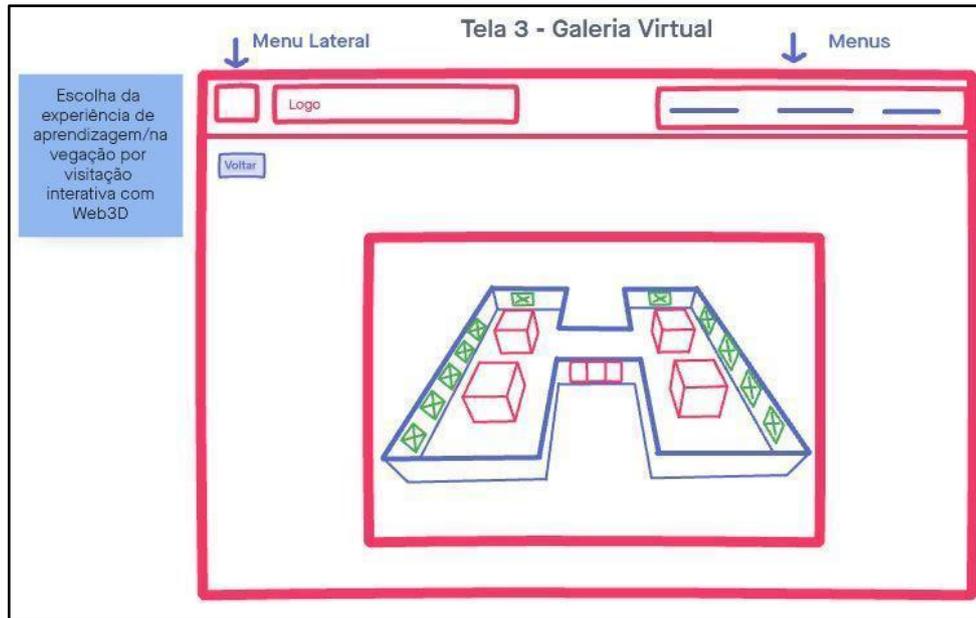
Figura 41 – Galeria virtual interativa do site: A arte de programar



Fonte: o autor (2021)

Na galeria 2 o usuário/aprendiz irá passar por uma experiência de navegação interativa com Web3D que permite navegar em sites usando conteúdo 3D interativo em páginas web. (ver figura). A ideia de uma galeria em 3D interativa veio da intenção de se criar um espaço onde o usuário/aprendiz tivesse a livre escolha da direção, e navegação pelo espaço e pelas obras, assim como o livre acesso aos códigos de programação da arte computacional, buscando a experiência do saber de Larossa (2017, p. 27) “o que se adquire no modo como alguém vai respondendo ao que vai lhe acontecendo ao longo da vida e no modo como vamos dando sentido ao acontecer do que nos acontece.” (ver figura 42)

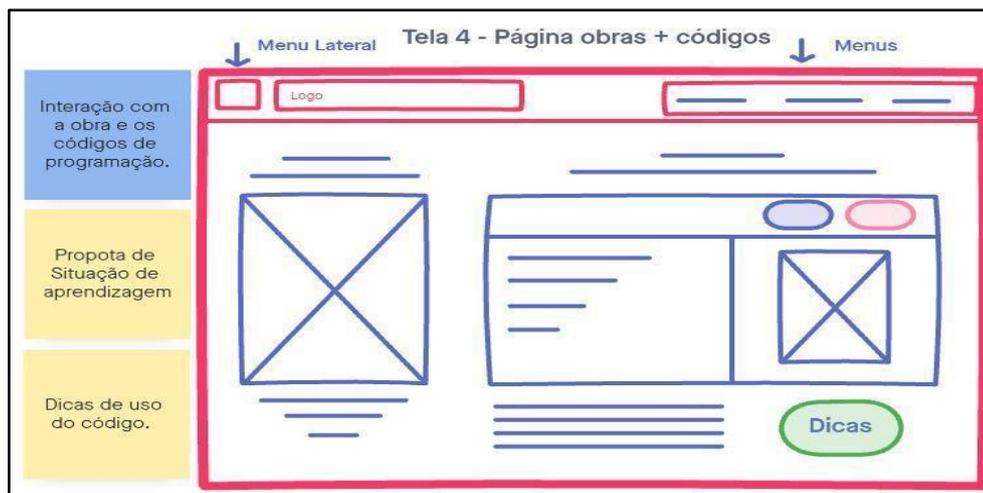
Figura 42 – Galeria virtual interativa com Web3D



Fonte: o autor (2021)

Ao clicar nas obras o usuário/aprendiz é direcionado a página da obra (ver figura 43) onde é revelado os seus códigos de programação, em que ele poderá alterar os códigos livremente com objetivo de experimentar e modificar os códigos se deixando levar pela sua curiosidade e pela experiência no brincar, pois “é no brincar, e somente no brincar, que o indivíduo, criança ou adulto, pode ser criativo e utilizar sua personalidade integral: e é somente sendo criativo que o indivíduo descobre o eu (self).” (WINNICOTT, 1975, p.89)

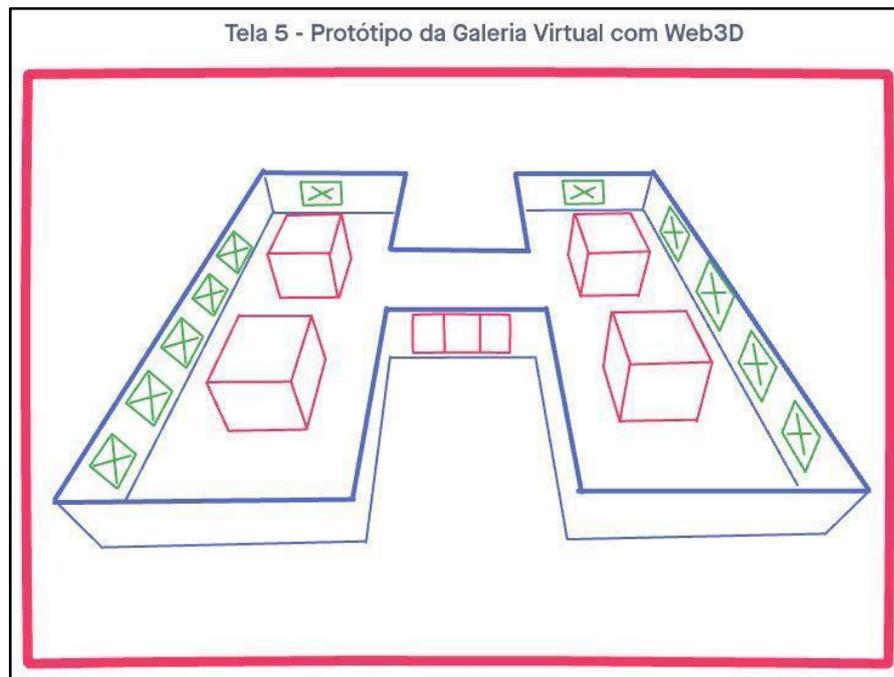
Figura 43 – Página de interação com os códigos.



Fonte: o autor (2021)

A escolha pelo uso do recurso de navegação com web3D dentro da galeria de arte computacional (ver figura 44) foi pensada na sua facilidade de uso e custo acessível, pois se trata de uma tecnologia não imersiva que pode ser acessado direto do navegador web, onde o conteúdo 3D interativo é incorporado no HTML das páginas da web, podendo o usuário acessar por meio de um navegador de internet requerendo apenas o uso dos componentes básicos de um computador, como o mouse, teclado, monitor e fone de ouvido.

Figura 44 – Esboço da Galeria virtual interativa com Web3D



Fonte: o autor (2021)

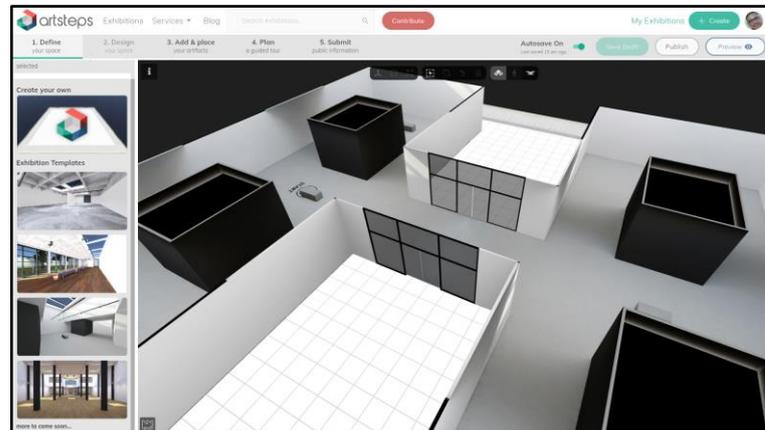
Na realidade virtual, não imersiva o usuário, visualiza o ambiente virtual ou imagens 3D no monitor de forma mais realista do que em comparação com ambientes com imagens 2D. Já na realidade virtual imersiva, o usuário precisa utilizar de tecnologias do tipo óculos de RV, controladores, capacetes ou outros dispositivos vestíveis, para ter a sensação de estar imerso no ambiente virtual, porém essas tecnologias têm um custo mais alto.

4.2 EXPOSIÇÃO DIGITAL EM ARTE COMPUTACIONAL

Com o protótipo do site definido seguimos para a etapa de produção do site. Depa propôs o uso da plataforma *Artstep* para fazer a implementação da galeria virtual. Ela disse que era uma plataforma de criação e exibição de galerias de arte visuais em 3D que possui recursos que auxiliam na construção e configuração da galeria. Surpreso ao saber da praticidade desta

ferramenta, pedi que me mostrasse o seu funcionamento. Ela rapidamente abriu a plataforma e iniciou o primeiro passo para a produção da galeria, que foi a seleção do formato da área virtual (ver figura 45).

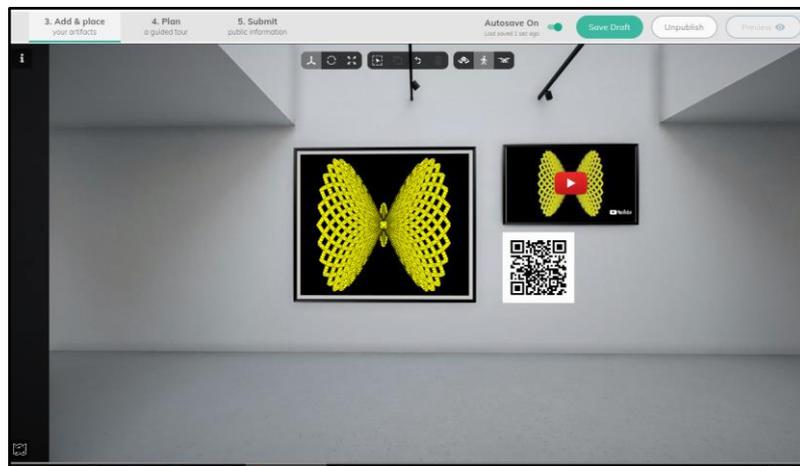
Figura 45: Plataforma *Artstep*: Passo1 – definir espaço



Fonte: site Artstep

Em seguida ela carregou as obras na plataforma e organizou-as dentro da galeria, porém não foi possível inserir nas obras o link de acesso a página do editor de códigos do p5.js. Depapou o trabalho por um momento, colocou a mão no queixo, pensativa em busca de uma resposta, até que veio a ideia de inserir ao lado de cada obra um vídeo da execução e um *QR Code* como solução para o visitante ter acesso aos códigos da arte computacional (ver figura 46), dessa maneira era possível acessar a página de edição dos códigos da obra, com o uso de um celular com leitor de *QR Codes*. Ao clicar na obra o usuário teria acesso a uma descrição do seu processo de criação; ao clicar no vídeo a obra executava sua arte e ao acessar o *QR Code* era possível interagir com seus códigos.

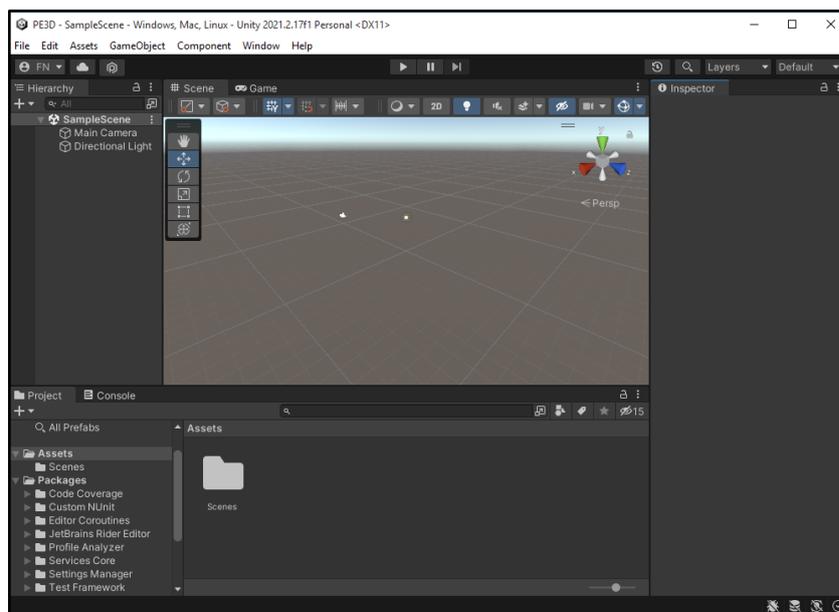
Figura 46 – Galeria de Arte Computacional no Artstep



Fonte: site Artstep

Depa passou horas trabalhando na produção da galeria, mas não se deixou vencer pelo cansaço, ela estava focada na execução do processo. Ela concluiu a produção da galeria virtual ao anoitecer e veio toda confiante apresentar o seu produto. Não consegui esconder a alegria diante de seu protagonismo. Foi então que tive aquela sensação do dever cumprido. Depa estava pronta para deixa de ser aprendiz e se tornar uma Pesquisadora Cartógrafa Jedi. Ela me indagou se havíamos chegado ao fim do processo. Respondi que ainda poderíamos avançar em nossa pesquisa e aprimorar a galeria virtual. Apresentei a ela um estudo que fiz sobre uma outra plataforma chamada Unity (ver figura 47). Ela disse que a conhecia como uma *engine* ou motor para desenvolvimento de jogos 2D e 3D gratuita que utiliza a linguagem de programação C# (C Sharp) e possui uma interface amigável com várias janelas que de acesso a configuração de suas funcionalidades.

Figura 47: Interface Unity



Fonte: o autor (2022)

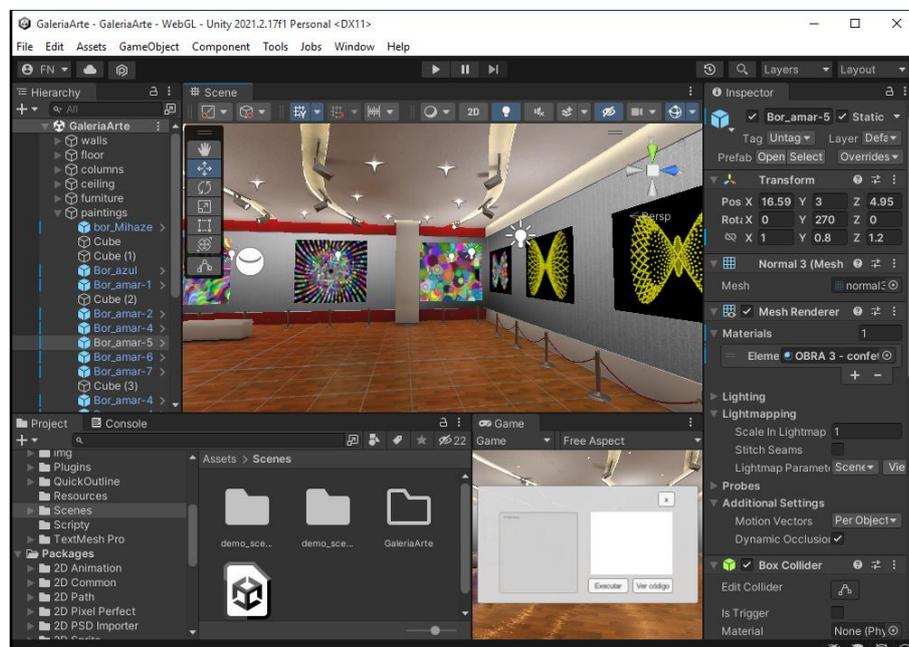
Eu respondi que ela estava certa, mas acrescentei que além de jogos era possível criar ambientes 3D para as mais diversas finalidades, inclusive produtos 3D em tempo real interativos e em realidade aumentada. Ela ficou superanimada com as possibilidades de criação que a plataforma Unity oferecia. Perguntei se ela aceitava o desafio de criar a galeria virtual usando os recursos desta plataforma. Ela respondeu que uma Jedi cartógrafa não desiste de desbravar novos territórios de aprendizagem.

Foi então que demos início os nossos estudos acessando alguns tutoriais disponíveis na plataforma de aprendizagem da Unity, depois fizemos a instalação do Editor do Unity, seguido da criação do projeto da galeria virtual interativa. Para a criação do ambiente da galeria optamos

em utilizar os modelos 3D disponível em sua biblioteca, a Unity Asset Store que disponibiliza vários recursos como textura, modelos 3D, animações, arquivos de áudio e imagem, dentre outros recursos comerciais gratuitos ou de baixo custo que podem ser baixados para uso no projeto Unity.

Depa ficou admirada com a gama de recursos que esta plataforma oferecia para a implementação do nosso produto. Fizemos a curadoria das obras para a galeria e ficamos admirados ao descobrir que já havíamos produzido um total de 30 obras em arte computacional desde o início da nossa pesquisa. Selecionamos as que iriam compor a exposição e configuramos todo o ambiente 3D. (ver figura 48)

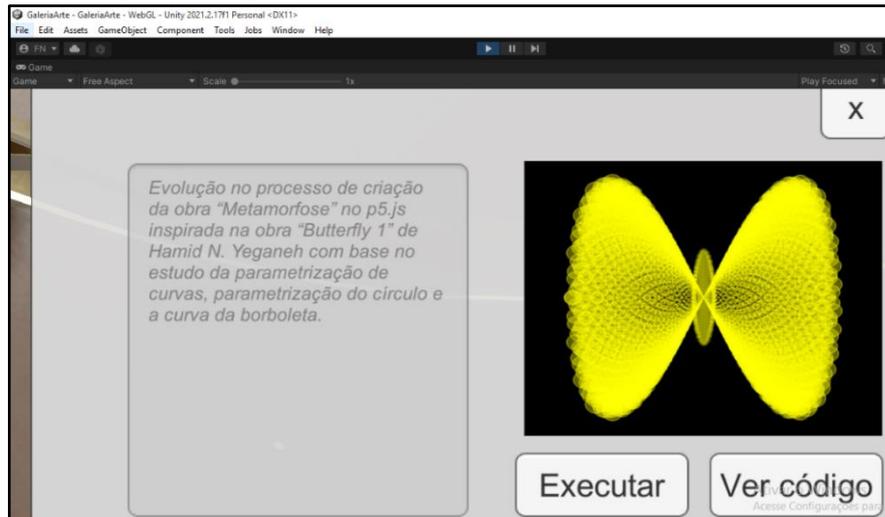
Figura 48: produção da galeria virtual no Unity



Fonte: o autor (2022)

No Unity foi possível configurar uma ação ao clicar na obra desejada e um painel se abre com a imagem da obra, a descrição do processo criativo, um botão para executar a obra no p5.js e outro para abrir o editor de códigos para que o usuário/ aprendiz possa fazer interações e modificações nos códigos de programação da arte computacional. (ver figura 49)

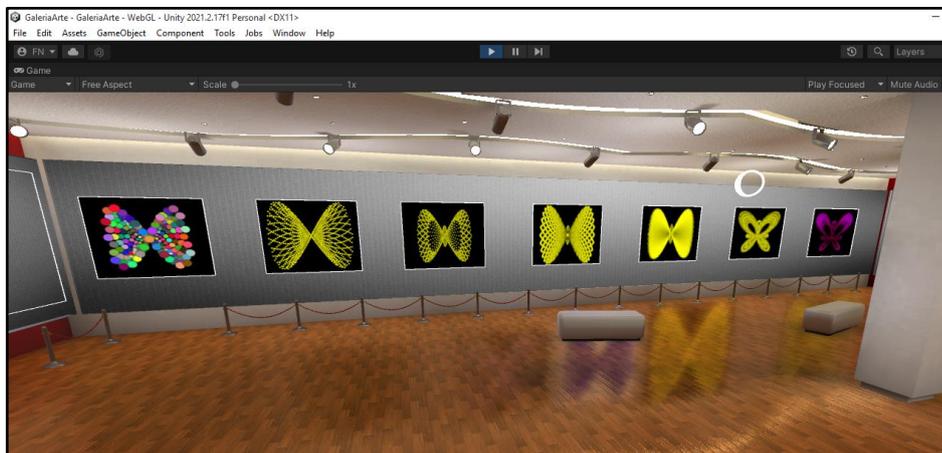
Figura 49 – Painel de opções das artes computacionais



Fonte: o autor (2022)

Finalizamos produção da galeria virtual interativa (ver figura 50) nas primeiras horas do dia. Os raios solares invadiram o laboratório de tecnologia do Templo Jedi, da janela eu saudava a manhã e contemplava a beleza da cidade de Coruscant. Estávamos quase vencidos pelo sono, mas nos mantemos firmes na nossa missão em concluir a produção do site.

Figura 50 - galeria virtual interativa



Fonte: o autor (2022)

Olhei para a Depa e reparei seus olhos murchos, cerrados de sono. Segurei suas mãos e pedi que ela se mantivesse determinada e confiante, pois faltara bem pouco para concluirmos. Abri a plataforma online *Wix* de criação e edição de sites e iniciamos a criação do site “A Arte de Programar” e configuramos o layout da página inicial do site com a apresentação da proposta do site de Arte Computacional com galeria virtual 3D Interativa. Logo abaixo da apresentação do site “Arte de Programar” vem o acesso as duas galerias interativas produzidas ao longo da pesquisa (Ver figura 51).

Figura 51- site “A Arte de Programar”



Fonte: o autor (2022)

Em seguida vem a apresentação dos artistas da pesquisa, nela foi incluído uma breve descrição do artistas Waldemar Cordeiro e apresentado a obra “a mulher que não é BB” escolhida como inspiração para o processo criativo de produção de arte computacional com o editor *Processing* para uma experiencia de aprendizagem criativa em Programação com arte. (ver figura 52)

Figura 52 - site: A Arte de Programar: Waldemar Cordeiro



Fonte: o autor (2022)

Logo abaixo vem a Exposição de Arte Computacional " Diversidade Codificada" inspirada na obra a “mulher que não é BB” e que gerou uma série de produções feitas no p5.js, versão da linguagem *Processing* para web. Ao navegar pelas obras o usuário pode executar sua arte computacional e acessar o seu código de programação para conhecer e fazer interações. (ver figura 53)

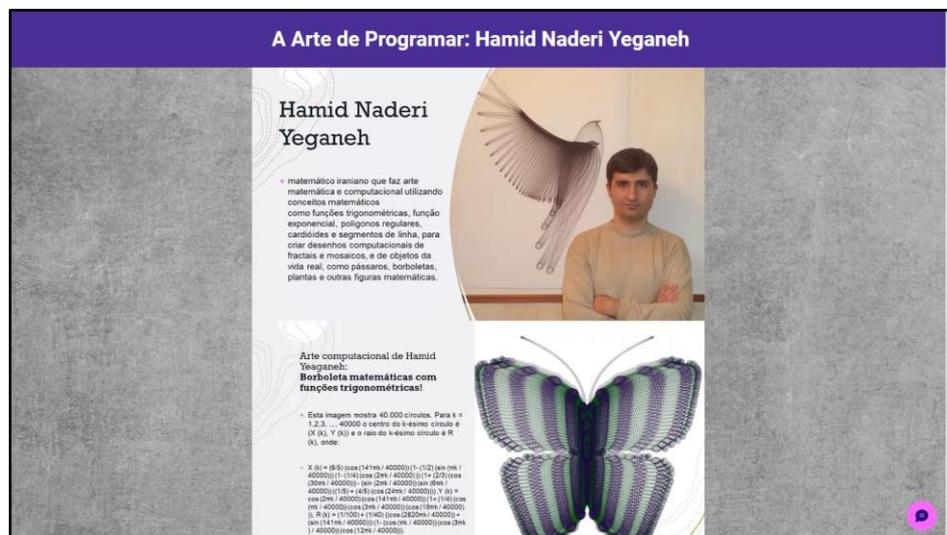
Figura 53 - site: Exposição: Diversidade Codificada



Fonte: o autor (2022)

Depois vem a apresentação do artista Hamid Naderi Yeganeh e sua obra “Butterfly 1” que também inspirou o processo criativo de produção de arte computacional com o *Processing* em busca de uma aprendizagem criativa em Programação com arte. (ver figura 54)

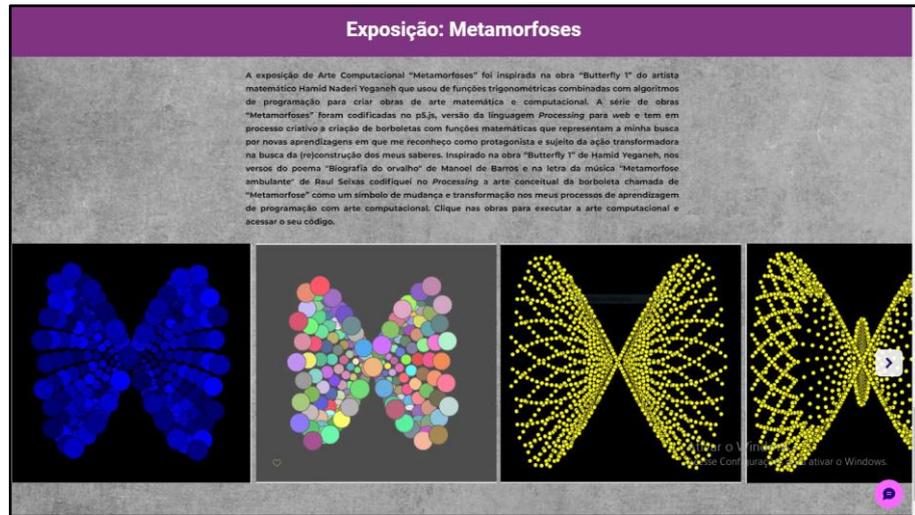
Figura 54 - site: A Arte de Programar: Hamid Naderi



Fonte: o autor (2022)

Em seguida é mostrado a Exposição de Arte Computacional " Metamorfoses" inspirada na obra a “Butterfly 1” e que gerou uma série experimentações no p5.js para codificar e gerar a arte conceitual de uma borboleta programada com uso de funções matemáticas. O usuário também é livre para navegar pelas obras, executar sua arte computacional e acessar o seu código de programação para conhecer sobre seu processo de programação e fazer interações. (ver figura 55).

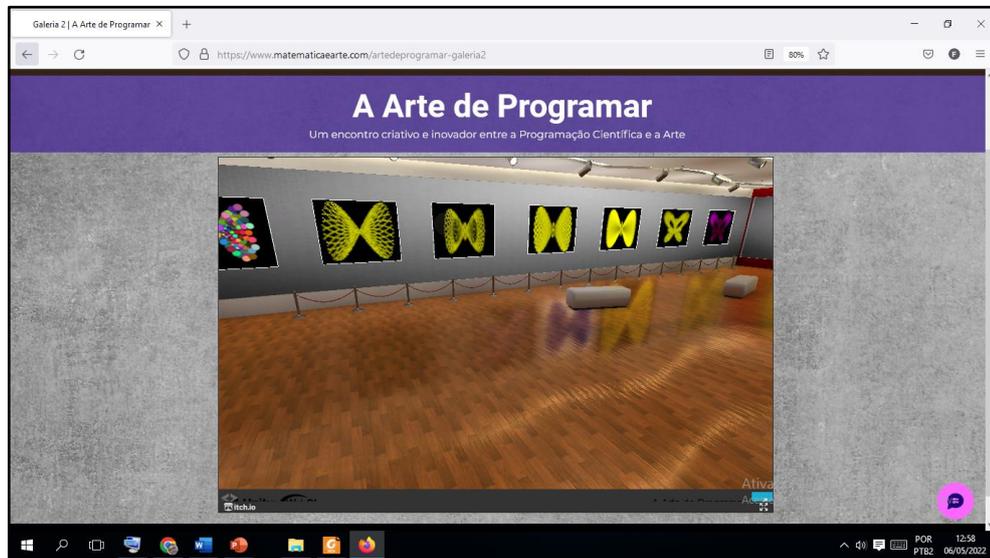
Figura 55 – site: Exposição Metamorfozes



Fonte: o autor (2022)

Ao clicar na galeria 1 o usuário terá acesso a uma experiência de navegação interativa dentro de uma galeria virtual criada na plataforma *Unity*. (ver figura 56) Ele poderá navegar dentro da galeria, selecionar e interagir com suas obras e códigos.

Figura 56 – site: galeria 1



Fonte: o autor (2022)

Ao clicar na galeria 2 o usuário pode acessar as obras da galeria virtual criada na plataforma *Artstep*. Nesta galeria o usuário pode navegar pelas obras, acessar ao vídeo da execução da arte computacional ter acesso aos seus códigos através de um *QR Code* (ver figura 57)

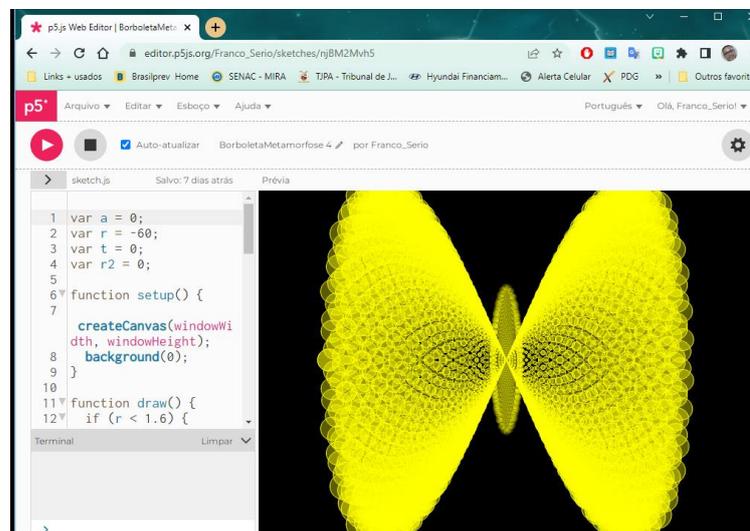
Figura 57: site: Galeria 2



Fonte: o autor (2022)

Ao selecionar uma das obras o usuário irá ter acesso a execução da arte computacional e a página de códigos do *p5.js* (ver figura 58) para interagir com os códigos e se familiarizar com a sintaxe de programação, com o objetivo de levá-lo a uma experiência de aprendizagem criativa dentro da concepção pedagógica de Paulo Freire (1996, 2014) da aprendizagem por construção e reconstrução do saber, em que não há transferência de conhecimentos, e sim a criação de possibilidades para o educando aprender criticamente, deixando ser levado pela sua curiosidade e pela experiencia do brincar de Winnicott (1975, p.89) pois “É no brincar, e somente no brincar, que o indivíduo, criança ou adulto, pode ser criativo e utiliza sua personalidade integral: e é somente sendo criativo que o indivíduo descobre o eu (self).”

Figura 58 – editor Web p5.js



Fonte: o autor (2022)

Chegamos ao término da nossa produção e finalizamos fazendo a publicação do site com o domínio www.matematicaearte.com/artedeprogramar . Olhei para Depa e ela estava emocionada, seu olhos marejados, eram lágrimas de felicidade, lagrimas da aprendiz pesquisadora cartógrafa que concluiu sua trajetória de dois anos de pesquisa, que acompanhou processos por meio de uma pesquisa interventiva, conduzida por pistas que a levaram ao caminhos da experimentação e da vivencia ao investigar as potencialidades da arte computacional para promover uma aprendizagem criativa em programação científica; que entreviu e sofreu intervenções na busca pelos entrelaçamentos da programação científica com a arte computacional e seus processos e produtos; que não se intimidou diante do novo e foi se constituindo no caminho da pesquisa-intervenção.

Tomado por uma grande alegria dei-lhe um caloroso abraço, desconcertada ela baixou a cabeça, não queria que eu a visse chorar. Toquei em seu rosto delicadamente, enxuguei suas lágrimas e ergui sua cabeça e disse: “Hoje você deixou de ser aprendiz e se tornou uma valorosa Cavaleira Jedi Pesquisadora Cartógrafa. Que a força esteja com você!”. De repente o silencio é quebrado pelos aplausos dos Grandes Mestres na sala do alto conselho Jedi. Estávamos tão imersos na contação da nossa trajetória na pesquisa que esquecêramos que estávamos sendo avaliados pelo conselho. Mestre Yoda pede a fala, todos fazem silencio enquanto ele se direciona a Depa. Ele retira de sua vestimenta um sabre de luz do conhecimento e entrega em suas mãos dizendo: “verdadeiramente maravilhosa é, a mente de uma pesquisadora cartógrafa, passe adiante o que aprendeu e lembre-se seu foco determina a sua realidade.” Todos erguem seu sabre de luz do conhecimento e iniciam a cerimônia de nomeação de Cavaleiro Jedi. Yoda prossegue o ritual de passagem dizendo: “Pelo poder do Conselho, pela vontade da força eu a nomeio cavaleira Jedi Pesquisadora Cartógrafa” e corta a trança de padawan, indicando oficialmente que Depa deixava de ser aprendiz e se tornara Jedi Pesquisadora Cartógrafa. Era o começo de uma nova jornada.

EPISÓDIO FINAL - A ARTE DE PROGRAMAR: UMA NOVA ESPERANÇA

Uma semana havia se passado desde a nomeação de Depa, a Cavaleira Jedi Pesquisadora Cartógrafa. Ela estava em missão de treinamento na Academia Jedi de Coruscant, e agora tinha a responsabilidade de preparar o seu próprio aprendiz pesquisador cartógrafo. Fui até ao seu encontro na academia Jedi, localizada no bairro noroeste do Templo. Ao me aproximar da entrada, observei-a juntamente com seu aprendiz treinando as formas de combate com sabre de luz. Depa era muito habilidosa com o sabre, afinal havia sido treinada por mim, um grande duelista. Tocada pela força, pressentiu minha presença e correu ao meu encontro. Nos cumprimentamos, saudei seu aprendiz e pedi a ela que me acompanhasse numa caminhada pelo Hall do Templo. Falei à Depa que o principal motivo do nosso encontro era sobre os desdobramentos que ela daria à Pesquisa. Agora ela tinha a missão de continuar investigando outras possibilidades, aplicações e usos da arte computacional para promover uma experiência de aprendizagem criativa em programação científica.

Depa parou de caminhar e se pôs a pensar por uns minutos; seus olhos fitavam o infinito, não me contive e li os seus pensamentos, e notei que ao mesmo tempo em que ela relembrava de sua trajetória na pesquisa, a sua mente fervilhava de ideias. Foi então que ela virou e disse que a pesquisa a proporcionou um outro olhar ao processo de ensino-aprendizagem que possibilitou potencializar os seus processos criativos e desenvolveu a sua aprendizagem em programação científica de forma inovadora ao vivenciar uma aprendizagem criativa dentro do contexto da programação e da Arte com o uso do *p5.js* para criar arte computacional. Ela enfatizou que o processo de curadoria e análise feito nas obras e nos processos criativos, artístico-computacional dos artistas Waldemar Cordeiro e Hamid Naderi Yeganeh, levou-a a um mergulho no plano da experiência e impulsionaram a realização de produções de artes computacionais autorais codificadas no *p5.js*, versão da linguagem *Processing* para web, que resultaram na produção de duas exposições virtuais intituladas como “Diversidade Codificada” e “Metamorfozes”, sendo a primeira inspirada nas obras “A mulher que não é BB” de Cordeiro e a segunda na obra “Butterfly 1” de Yeganeh.

Depa prosseguiu falando a respeito da codificação e produção da Exposição em Arte Computacional " Diversidade Codificada", inspirada na obra a “mulher que não é BB” de Cordeiro oriunda da prática interdisciplinar da programação científica e da Arte entrelaçada nos processos de curadoria e produção. Ela revelou que o processo criativo que deu origem a

produção da série de obras “Diversidade Codificada” fez conexão com os versos do poema “Verbo Ser” de Carlos Drummond de Andrade, com a letra da música “De toda cor” de Renato Luciano e com os versos do poema “O Inexato” de Elisa Lucinda presentes nesta canção, e, ainda, na letra da música “True Colors” de Cindi Lauper. Os poemas e canções inspiraram e materializaram o processo de codificar a arte computacional que ao ser executada ela apresenta a construção de uma imagem formada por várias partículas que surgem na tela e revelam gradativamente o rosto de uma mulher e a beleza de sua diversidade, com uma mensagem impressa de aceitação do sujeito, que se ergue e luta contra um padrão de Ser imposto pela sociedade, que destrói, machuca e desconstrói como a força destrutiva de uma implosão de bomba napalm diante da não aceitação da diversidade que habita em cada Ser.

Depa se emocionou e ressaltou que seguirá investigando os processos criativos de outros artistas por meio da pesquisa-intervenção, curadoria e produção com a finalidade de apropriar desses processos artístico-computacionais para fazer novas conexões no contexto da aprendizagem criativa em programação científica. Assim como ocorreu com a experiência de aprendizagem criativa em programação inspirada na obra “Butterfly 1” do artista matemático Hamid Naderi Yeganeh que usa de funções trigonométricas combinadas com algoritmos de programação para criar obras de arte matemática e computacional. O processo deste artista foi entrelaçado nos versos do poema 11 de “Biografia do orvalho” de Manoel de Barros e na letra da música “Metamorfose ambulante” de Raul Seixas para compor o processo criativo de criação e codificação da arte conceitual das borboletas com funções matemáticas que simbolizam a ação transformadora na busca da (re)construção dos saberes, presente na Exposição de Arte Computacional “Metamorfose” disponível no site “A Arte de Programar”.

A vivência deste processo trouxe o aprendizado de que os processos criativos envolvendo matemática e arte computacional potencializam a aprendizagem criativa em programação científica, pois ao avançar no aprendizado dos conceitos matemáticos foi possível aperfeiçoar o processo de codificação de borboletas em arte computacional. Diante disso pretende-se continuar investigando as influências, inspirações e processos criativos de outros artistas que também se utilizam de padrões matemáticos e código de programação em suas criações. Com isso, ela visualiza um caminho futuro para a pesquisa por meio de intervenção, curadoria e produção de novos processos e produtos criativos.

Depa prosseguiu falando que os estudos e experimentações realizados no *p5.js*, apresentaram um potencial criativo tanto para a produção artístico-computacional, quanto para o aprendizado de programação científica e justificou dizendo que o *p5.js* apresentou características que favoreceram a aprendizagem criativa em programação e o desenvolvimento dos seus processos criativos, por ser uma biblioteca *JavaScript*, gratuita e de código aberto, criado para programação criativa na *web*, com uma interface de fácil interação com o usuário e uso para codificação mesmo àqueles iniciantes em programação, sendo acessível a educadores e educandos que desejam vivenciar uma aprendizagem criativa em programação científica dentro de um contexto visual. Sendo assim, ela pretende avançar nos estudos da linguagem *Processing* e do uso da biblioteca *JavaScript p5.js*, e de outras versões ou interpretações do *Processing* utilizadas para codificação criativa com a intenção de ampliar a abordagem de uso na aprendizagem de outras linguagens de programação e explorar as potencialidades de uso dos seus diversos recursos como: áudio, vídeo, animação 2D e 3D, recursos de interatividade com mouse, teclado, câmera e sensor de movimento para promover a prática de aprendizagem criativa em programação científica e criar experiências visuais e interativas pela codificação de arte computacional interativa.

No que se refere a prática interdisciplinar da aprendizagem em programação científica em conexão com a Arte, Depa ressaltou que a vivencia deste processo demonstrou que a arte potencializa e estimula os processos criativos, além de comunicar, conscientizar, sensibilizar e fazer conexões com o subjetivo, sendo capaz de promover uma experiência de aprendizagem criativa em programação para além além da manipulação de códigos, levando o aprendiz a assumir o seu protagonismo diante da (re)construção dos seus saberes para que este, segundo Freire (1996) se reconheça como um ser consciente, crítico, autônomo, investigador e criativo, que busca transformar a sua realidade com um modo próprio, original e autêntico de viver a vida de maneira criativa; em conformidade com os ensinamentos de Winnicott (1975) e Ostrower (2014) na visão do homem como ser potencialmente criativo, sensível, consciente e cultural, é capaz de manifestar sua criatividade ao viver a vida.

Para finalizar as suas intenções futuras sobre o caminhar da pesquisa, Depa relatou sobre a experiência com a criação do site “A Arte de Programar” que para além de se produzir um site de compartilhamento dos processos criativos e produtos envolvendo programação e arte com o uso da linguagem de programação *Processing*. Ele foi desenvolvido principalmente para provocar uma experiência de aprendizagem criativa em Programação com Arte Computacional através do acesso as suas galerias de arte com conteúdo 3D interativo em que o usuário

(aprendiz) interage com as obras em arte computacional e acessa seus códigos de programação, sendo livre para alterá-los e modificá-los com base na aprendizagem criativa de Winnicott (1975), Ostrower (2014) e Freire (1996) na qual o aprendiz assume o protagonismo de sua aprendizagem e se permite vivenciar, experimentar, brincar e viver criativamente, por trocas de experiências e relações com o outro e com o mundo, num fazer intencional e criativo, conforme o que lhe acontece ou o que lhe toca a partir da experiência e sentido descrito por Larrosa (2017), além de buscar ter uma “atitude interdisciplinar” de Fazenda (2008) para aprender por meio de experiências e vivências baseadas nas descobertas e na prática. Com isso, pretende-se continuar investigando de que forma o uso da plataforma WEB 3D, de outras tecnologias e recursos de interatividade, como o caso da realidade virtual imersiva, podem promover a participação ativa do aprendiz e potencializar uma aprendizagem criativa e interdisciplinar com Programação e Arte.

Depa encerrara as suas considerações finais e suas intenções futuras e direcionamentos para a pesquisa, quando chegávamos a plataforma de embarque das naves Jedi. Paramos em frente a sua nave, um silêncio se fez presente. Lancei um último olhar a Depa e contemplei seu semblante sereno, seu olhar confiante e sorriso iluminado, era visível que ela estava pronta para seguir missão e continuar desbravando os territórios da programação e da Arte. Chegara a hora da partida. Dei-lhe um caloroso abraço e me despedi dizendo: “Que a força da Aprendizagem Criativa esteja com você!”. Depa embarcou com seu aprendiz e partiu viagem em busca de novas aprendizagens e descobertas.

REFERENCIAS

- ANDERSON, Kevin J.; WALLACE, Daniel. **Star Wars: The Essential Chronology**. Del Rey Books, 2000. 208p.
- ANDRADE, Carlos Drummond de. **Boitempo II – menino antigo**. 2.ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1974.
- ARANTES, Priscila. Waldemar Cordeiro e a Arteônica: reescrituras da arte digital no Brasil e na América Latina. **MODOS: Revista de História da Arte**, Campinas, SP, v. 5, n. 2, p. 87–98, 2021. DOI: 10.20396/modos.v5i2.8663931. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/mod/article/view/8663931> .
- A ARTE de programar: um encontro criativo e inovador entre a programação científica e a arte. *Matemática e Arte*. Disponível em: <https://www.matematicaearte.com/artedeprogramar>. Acesso em 30 abr. 2022.
- BARROS, Laura Pozzana de; KASTRUP, Virgínia. Cartografar é acompanhar processos. In: PASSOS, E; KASTRUP, V; ESCÓSSIA, L. **Pistas do método da cartografia**: Pesquisa-intervenção e produção de subjetividade. 1ª ed. Porto Alegre: Editora Sulina; 2015.
- BARROS, Manoel. **Retrato Do Artista Quando Coisa**. Rio de Janeiro: Editora Record, 1998.
- BIOE. Banco Internacional de Objetos Educacionais. Disponível em: <http://objetoseducacionais.mec.gov.br/> . Acesso em: 03 mar 2022.
- BRAGA, Juliana Cristina (org). **Objetos de aprendizagem volume 1**: introdução e fundamentos. Santo André: UFABC, 2015. 157 p. Disponível em: http://pesquisa.ufabc.edu.br/intera/wp-content/uploads/2015/11/ObjetosDeAprendizagemVol1_Braga.pdf. Acesso em: 10 mar 2022.
- BRASIL, CAPES. **Documento de Área Ensino**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/ENSINO.pdf> . Acesso em: 10 mar 2022.
- COCCHIARALE, Fernando. Waldemar Cordeiro E O Modernismo de Ruptura no Brasil. In: **Waldemar Cordeiro**: fantasia exata [recurso eletrônico] / organização e curadoria Analivia Cordeiro; tradução John Norman; Marisa Shirasuna; Izabel Burbridge – São Paulo: Itaú Cultural, 2014. p.322-375. ISBN 978-85-7979-064-5. Disponível em: <https://www.waldemarcordeiro.com/publications>. Acesso em 06 fev. 2021.
- COMPART. **Ben F. Laposky**. Disponível em: <http://dada.compart-bremen.de/item/agent/253> > Acesso em: 08 fev. 2022.
- COMPART. **Computers and Automation**. Disponível em: <http://dada.compart-bremen.de/item/publication/206> . Acesso em: 08 fev. 2022. II. p&b.
- COMPART. **Computer art**. Disponível em: http://dada.compart-bremen.de/docUploads/Computer_Art_NDel_72.pdf . Acesso em: 08 fev. 2022.
- COMPART. **Frieder Nake**. Disponível em: <http://dada.compart-bremen.de/item/agent/68> > Acesso em: 08 fev. 2022.

COMPART. **Matrizenmultiplikationen, Ausschnitt**. Disponível em: Disponível em: <http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/685> . Acesso em: 08 fev. 2022. Il. color.

COMPART. **Oscillon**. Disponível em: <http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/532> . Acesso em: 08 fev. 2022. Il. p&b.

COMPART. **13/9/65 Nr. 2 ("Hommage à Paul Klee")**. Disponível em: <http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/414> . Acesso em: 08 fev. 2022. Il. p&b.

COMPOSIÇÃO II em Vermelho, Azul e Amarelo. il. Color. In: WIKIART. Disponível em: <https://www.wikiart.org/pt/piet-mondrian/composicao-ii-em-vermelho-azul-e-amarelo-1930>. Acesso em: 10 mar 2022.

CORDEIRO, Analivia. **Waldemar Cordeiro**: fantasia exata [recurso eletrônico]. São Paulo: Itaú Cultural, 2014. 768 p. ISBN 978-85-7979-064-5. Disponível em: http://d3nv1jy4u7zmsc.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/05/publicacao_waldemarcordeiro.pdf. Acesso em 06 fev. 2021.

CORDEIRO, W. A mulher que não é BB. fotografia, p & b. **ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras**. São Paulo: Itaú Cultural, 2022. Disponível em: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/obra64841/a-mulher-que-nao-e-bb> . Acesso em: 09 de mar. 2022. Verbete da Enciclopédia. ISBN: 978-85-7979-060-7.

CORDEIRO, Waldemar. Arteônica: O uso criativo de meios eletrônicos nas artes. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo/Editora das Américas, 1972 In: CORDEIRO, Analivia. **Waldemar Cordeiro**: fantasia exata [recurso eletrônico]. São Paulo: Itaú Cultural, 2014. 768 p. ISBN 978-85-7979-064-5. Disponível em: http://d3nv1jy4u7zmsc.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/05/publicacao_waldemarcordeiro.pdf. Acesso em 06 fev. 2021.

CORDEIRO, Waldemar. Computer Plotter Art: São Paulo, Exposição Computer Plotter Art (Mini Galeria Usis), 1969. In: CORDEIRO, Analivia. **Waldemar Cordeiro**: fantasia exata [recurso eletrônico]. São Paulo: Itaú Cultural, 2014. 768 p. ISBN 978-85-7979-064-5. Disponível em: http://d3nv1jy4u7zmsc.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/05/publicacao_waldemarcordeiro.pdf. Acesso em 06 fev. 2021.

CORDEIRO, Waldemar. Arte e Tecnologia. Edinburgh Festival C.A.S. Edimburgo, Texto Datilografado Para Apresentação Em Festival, 1973 In: CORDEIRO, Analivia. **Waldemar Cordeiro**: fantasia exata [recurso eletrônico]. São Paulo: Itaú Cultural, 2014. 768 p. ISBN 978-85-7979-064-5. Disponível em: http://d3nv1jy4u7zmsc.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/05/publicacao_waldemarcordeiro.pdf. Acesso em 06 fev. 2021.

CORDEIRO, Waldemar. Ainda o Abstracionismo. São Paulo, Revista de Novíssimos, Janeiro de 1949 In: CORDEIRO, Analivia. **Waldemar Cordeiro**: fantasia exata [recurso eletrônico]. São Paulo: Itaú Cultural, 2014. 768 p. ISBN 978-85-7979-064-5. Disponível em: http://d3nv1jy4u7zmsc.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/05/publicacao_waldemarcordeiro.pdf. Acesso em 06 fev. 2021.

CORDEIRO, Waldemar. Concretismo. São Paulo, Verbete Para Enciclopédia Abril, 1969 In: CORDEIRO, Analivia. **Waldemar Cordeiro**: fantasia exata [recurso eletrônico]. São Paulo: Itaú Cultural, 2014. 768 p. ISBN 978-85-7979-064-5. Disponível em: http://d3nv1jy4u7zmsc.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/05/publicacao_waldemarcordeiro.pdf. Acesso em 06 fev. 2021.

CORDEIRO, Waldemar. **ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras**. São Paulo: Itaú Cultural, 2021. Disponível em: <<http://enciclopedia.itaucultural.org.br/pessoa297/waldemar-cordeiro>>. Acesso em: 06 fev. 2021. Verbetes da Enciclopédia. ISBN: 978-85-7979-060-7.

CORDEIRO, Waldemar. **ESTRUTURA Plástica**. ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileira. São Paulo: Itaú Cultural, 2022. Disponível em: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/obra2387/estrutura-plastica>. Acesso em: 15 de agosto de 2022. Verbetes da Enciclopédia. ISBN: 978-85-7979-060-7.

DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Felix. **Mil platôs - capitalismo e esquizofrenia, vol. 1**. Trad. Aurélio Guerra Neto e Célia Pinto Costa, São Paulo: Ed. 34, 1995 94 p. (Coleção TRANS).

EDUCAPES. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/> acesso em: 03 mar. 2022.

FAZENDA, Ivani. **Didática e interdisciplinaridade**. 13º ed. Campinas, SP: Papyrus, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa** / Paulo Freire. – São Paulo: Paz e Terra, 1996. – (Coleção Leitura).

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 57º ed. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 2014.

GALAFASSI, Fabiane Penteadó; GLUZ, João Carlos; GALAFASSI, Cristiano. Análise crítica das pesquisas recentes sobre as tecnologias de objetos de aprendizagem e ambientes virtuais de aprendizagem. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v.21, n.3, p.42 - 52, 2013. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/2351> . Acesso em: 11 mar 2022.

GALERIA Virtual: Processing Community Day – Brasil. PCD-BR-2021. Disponível em: <https://pcd.encontrosdigitais.com.br/galeria/> Acesso em: 10 mar 2022.

GASPARETTO, Débora Aita. **O "curto-circuito" da arte digital no Brasil**. Débora Aita Gasparetto, 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/7883275/O_Curto_Circuito_da_arte_digital_no_Brasil > Acesso em 08 fev. 2022.

Google Arts and Culture. **10 things you might not know about Vincent Van Gogh**. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/story/10-things-you-might-not-know-about-vincent-van-gogh/agLStrYjblBRKA>. Acesso em 23 abr 2022.

Google Arts and Culture. **Klimt vs Klimt**. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/pocketgallery/kAUxTZBD8McZyQ>. Acesso em 23 abr 2022.

Google Arts and Culture. **MASP**. Disponível em: https://artsandculture.google.com/streetview/masp-museu-de-arte-de-s%C3%A3o-paulo-assis-chateaubriand/YgHyUAyv_g4cvg?sv_lng=-46.65587555825508&sv_lat=-23.56159083027474&sv_h=110.76240735135718&sv_p=-9.178477020469245&sv_pid=4wpXUErEGvEfE6LppYMxPQ&sv_lid=15029704351325382912&sv_z=0.9999999999999997 . Acesso em 23 abr 2022.

Google Arts and Culture. **Bruegel: a fall with the Rebel Angels [Virtual Reality]**.

Disponível em: https://artsandculture.google.com/asset/bruegel-a-fall-with-the-rebel-angels-virtual-reality/9AFRIKVDYtPc_w. Acesso em 23 abr 2022.

HILDEBRAND, Hermes Renato; VALENTE, José Armando. **As artes, a matemática e o pensamento computacional por meio das mídias** (2019). Disponível em: http://www.hrenatoh.net/curso/artetec/txt_pensamentocomputacional.pdf . Acesso em: 17 maio 2022.

IMBROISI, Margaret; MARTINS, Simone. **Concretismo**. História das Artes, 2022. Disponível em: < <https://www.historiadasartes.com/nobrasil/arte-no-seculo-20/abstracionismo/concretismo/> >. Acesso em 26 Mar 2022.

IMBROISI, Margaret; MARTINS, Simone. **Cubismo**. História das Artes, 2022. Disponível em: < <https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-seculo-20/cubismo/> >. Acesso em 26 Mar 2022.

ISO/IEC 25020:2019 (EN). Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Quality measurement framework. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:25020:ed-2:v1:en> Acesso em: 01 mar. 2022.

ISO/IEC 9126-1 (NBR). **Engenharia de software - Qualidade de produto parte 1: Modelo de qualidade**. Disponível em: https://www.jkolb.com.br/wp-content/uploads/2014/02/NBR-ISO_IEC-9126-1.pdf . Acesso em: 01 mar. 2022.

KAPLÚN, Gabriel. Material educativo: a experiência de aprendizado. **Comunicação & Educação**, n. 27, p. 46-60, 2003. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/37491/40205> . Acesso em 10 mar 2022.

KASTRUP, Virgínia. O funcionamento da atenção no trabalho do cartógrafo. In: PASSOS, E; KASTRUP, V; ESCÓSSIA, L. **Pistas do método da cartografia: Pesquisa-intervenção e produção de subjetividade**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora Sulina; 2015.

LAROSSA, J. **Tremores: escritos sobre experiência**. Editora autêntica. Belo Horizonte. 2017.

LUCINDA, Elisa. **De toda cor/Poema O Inexato**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=gwDQMD2eePQ&ab_channel=BiscoitoFino . Acesso em: 10 mar 2022.

MACHADO, Arlindo. Waldemar Cordeiro: o brasileiro precursor da arte mediada por computadores. **Revista Eco Pós**. ISSN 2175-8689. Arte, Tecnologia e Mediação. V.18, n.01, p. 27-35, 2015. Disponível em: <<http://www3.eca.usp.br/sites/default/files/form/biblioteca/acervo/producao-academica/002732929.pdf>> Acesso em: 06 fev. 2022.

MCCARTHY, Lauren; REAS, Casey; FRY, Ben. **Make: Getting Started with p5.js**. Ed. Make Community, LLC; 1ª edição (3 novembro 2015). San Francisco, CA. 2015.

MOSCATI, Giorgi. Waldemar Cordeiro e o Uso do Computador nas Artes – Um depoimento sobre uma experiência pioneira. **Waldemar Cordeiro: fantasia exata [recurso eletrônico]**. São Paulo: Itaú Cultural, 2014. 768 p. ISBN 978-85-7979-064-5. Disponível em: http://d3nv1jy4u7zmsc.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/05/publicacao_waldemarcordeiro.pdf. Acesso em 06 fev. 2021.

LAUPER, Cindi. *True Colors*. Letras. Disponível em: <https://www.vagalume.com.br/cyndi-lauper/true-colors-traducao.html> . Acesso em: 10 mar 2022.

LUCIANO, Renato. **De toda Cor**. Letras. Disponível em: <https://www.letras.mus.br/renato-luciano/de-toda-cor/> . Acesso em: 10 mar 2022.

OPENPROCESSING. **Coding is beautiful**. Disponível em: <https://openprocessing.org/>. Acesso em 02 mar. 2022.

OPENPROCESSING. **Vamoos: Beautiful Bug**. Disponível em: <https://openprocessing.org/sketch/1116518> . Acesso em 10 mar. 2022.

OSTROWER, Fayga. **Criatividade e processos de criação**. Editora Vozes. Petrópolis, Rio de Janeiro. 2014.

PASSOS, Eduardo; BARROS, Regina. Por uma política da narratividade. In: PASSOS, E; KASTRUP, V; ESCÓSSIA, L. **Pistas do método da cartografia: Pesquisa-intervenção e produção de subjetividade**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora Sulina; 2015.

PASSOS, Eduardo; BARROS, Regina. A cartografia como método de pesquisa-intervenção. In: PASSOS, E; KASTRUP, V; ESCÓSSIA, L. **Pistas do método da cartografia: Pesquisa-intervenção e produção de subjetividade**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora Sulina; 2015.

PHÚC, Kim. A dor física permanece, mas agora eu me sinto livre. [Entrevista cedida a] Cecília Araujo. Site de Veja. Out. 2012. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/mundo/a-dor-fisica-permanece-mas-agora-eu-me-sinto-livre/> . Acesso em: 10 mar 2022.

PHÚC, Kim. Kim Phúc e seu filho Thomas, em 1995 Joe McNally/Time & Life Pic/Getty/VEJA. Site de Veja. Out. 2012. Fotografia. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/mundo/a-dor-fisica-permanece-mas-agora-eu-me-sinto-livre/> . Acesso em: 10 mar 2022.

PCD-BR-2021.**Processing Community Day Brasil**. Disponível em: <https://pcd.encontrosdigitais.com.br/>. Acesso em: 10 mar 2022.

PCD-BR-2021.**Galeria Virtual**. Processing Community Day – Brasil. Disponível em: <https://pcd.encontrosdigitais.com.br/galeria/> Acesso em: 10 mar 2022.

Processing Community Day Brasil. YouTube, 11 de abril de 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/c/ProcessingCommunityDayBrasil/videos>. Acesso em: 10 mar. 2022.

P5.JS. Disponível em: <https://p5js.org/> . Acesso em 21 mar. 2022.

PROCESSING.PY. **Python Mode for Processing**. Disponível em: <https://py.processing.org/>. Acesso em: 10 mar 2022.

P5.JS. Disponível em: <https://p5js.org/> Acesso em: 10 mar 2022.

PYTHON mode for processing. Disponível em: <https://py.processing.org/> . Acesso em 11 mar. 2022.

REAS, Casey; FRY, Ben. **Processing: a programming handbook for visual designers and artists**. 2nd Edition. The MIT Press, 2014.

RIZZATTI, Ivanise Maria; MENDONÇA, Andrea Pereira; MATTOS, Francisco; RÔÇAS, Giselle; SILVA, Marcos André B Vaz da; CAVALCANTI, Ricardo Jorge de S; OLIVEIRA,

Rosemary Rodrigues de. **Os produtos e processos educacionais dos programas de pós-graduação profissionais**: proposições de um grupo de colaboradores. ACTIO: Docência em Ciências, v. 5, n. 2, p. 1-17, mai./ago. 2020.

REIS, Amélia Paes Vieira. **Design concretista**: um estudo das relações entre o design gráfico, a poesia e as artes plásticas concretas no Brasil, de 1950 a 1964 / Amélia Paes Vieira Reis; orientadora: Rita Maria de Souza Couto ; co-orientadora: Edna Lúcia Cunha Lima. – Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Artes e Design, 2005. Disponível em:< <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=7711@1> >. Acesso em: 26 mar. 2022.

RETRATO de Fabiana. ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileira. São Paulo: Itaú Cultural, 2022. Disponível em: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/obra35831/retrato-de-fabiana> . Acesso em: 26 de março de 2022. Verbete da Enciclopédia. ISBN: 978-85-7979-060-7.

SEIXAS, Raul. **Metamorfose Ambulante**. Letras. Disponível em: <https://www.letras.mus.br/raul-seixas/48317/> . Acesso em 10 mar 2022.

SERIO, Franco. Explosão criativa. P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/full/tks2PU5Sb. Acesso em: 10 mar 2022.

SERIO, Franco. Giro dos confetes. P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/sketches/fTqq0yZtP. Acesso em: 10 mar 2022.

SERIO, Franco. Diversidade codificada (Kim Phuc). P5js, 2021. Disponível em https://editor.p5js.org/Franco_Serio/sketches/xoebquNMf. Acesso em: 23 abr 2022.

SERIO, Franco. Diversidade codificada (Kim Phuc). P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/sketches/xoebquNMf. Acesso em: 23 abr 2022.

SERIO, Franco. Diversidade codificada (Karla Serrão). P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/sketches/dUzu6I_FI. Acesso em: 23 abr 2022.

SERIO, Franco. Borboleta metamorfose. P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/full/52iu4Yyqr. Acesso em: 23 abr 2022.

SERIO, Franco. Borboleta metamorfose 2. P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/full/OsYVbB2aw. Acesso em: 23 abr 2022.

SERIO, Franco. Borboleta metamorfose 3. P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/full/XKESgh2j9. Acesso em: 23 abr 2022.

SERIO, Franco. Curva da borboleta amarela. P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/sketches/7hv9PZ_Hr. Acesso em: 23 abr 2022.

SERIO, Franco. Curva da borboleta (produzido com Luciano Begot). P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/sketches/ti3mQKHzb. Acesso em: 23 abr 2022.

SERIO, Franco. Borboleta metamorfose 4. P5js, 2021. Disponível em: https://editor.p5js.org/Franco_Serio/sketches/njBM2Mvh5. Acesso em: 23 abr. 2022.

SERIO, Franco. **Galeria**. ARTSTEP, 2021. Disponível em: <https://www.artsteps.com/view/6095844e9ce7d32017312c2c?currentUser>. Acesso em 23 abr 2022.

SIHARE, Laximi P. Computer Art. National Gallery of Modern Art Jaipur House, India Gate, New Delhi, 1972. Disponível em: http://dada.compart-bremen.de/docUploads/Computer_Art_NDel_72.pdf . Acesso em: 08 fev. 2022.

Unidade Tripartida. **1ª bienal de São Paulo**. Disponível em: <http://www.bienal.org.br/exposicoes/1bienal/fotos/3815>. Acesso em: 10 mar 2022. il. p&b.

UNITY Asset Store. Disponível em: <https://assetstore.unity.com/>. Acesso em 23 abr 2022.

VAZ, Cristina Lúcia Dias; ROCHA, Helena do Socorro Campos da (orgs.). **Matemática e Arte em trilhas, olhares e diálogos**. Belém: EditAEDi/UFPA, 2018. Disponível em <http://editaedi.ufpa.br/index.php/lancamento>.

VIEIRA, Amanda Sousa. **Arte computacional**: um campo de pesquisa e criação. Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24170/1/ArteComputacionalPesquisa.pdf> > Acesso em: 05 fev. 2022.

WALLACE, Daniel. **The Jedi path**: a manual for students of the force. Chronicle Book. 2010. 173p.

WINNICOTT, Donald. Woods. **O brincar e a realidade**. Trad. de José Octávio de Aguiar Abreu e Vanede Nobre. Rio de Janeiro, Imago, 1975. W10 - Playing and Reality. London, Tavistock, 1971.

YEGANEH, Hamid Naderi. **Butterfly(1)**. In: The blog Using Mathematical Formulas to Draw Butterflies. Disponível em: https://www.huffpost.com/entry/flowers_b_9817126. Acesso em: 23 abr 2022

YEGANEH, Hamid. (2017) **Drawing Plants With Mathematics**. Huffpost. E.U.A., 06 dez 2017. Disponível em: http://https://www.huffpost.com/entry/mathematical-plants_b_9010790. Acesso em: 08 mar 2022.

YEGANEH, Hamid Naderi. **Flower**. In: The blog Drawing Mathematical Flowers With Trigonometric Functions!. Disponível em: https://www.huffpost.com/entry/flowers_b_9817126. Acesso em: 23 abr 2022.

YEGANEH, Hamid. (2017) **How to Draw with Math**: The regularity of natural patterns can lead artists to use mathematical concepts in works of art. Blog Scientific American. E.U.A., 09 jan 2017. Disponível em: <http://https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/how-to-draw-with-math/>. Acesso em: 08 mar 2022.

YEGANEH, Hamid. (2017) **Making Mathematical Art**: You can create stunning symmetrical images armed with just a few equations and a computer. Blog Scientific American. E.U.A., 16 mar 2017. Disponível em: https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/making-mathematical-art/. Acesso em: 08 mar 2022.