

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE DESENHO INDUSTRIAL

SOFIA HERSCHMANN

ATMOSFERA CARREGADA

Uma representação artística dos dados de poluição atmosférica do
município do Rio de Janeiro

RIO DE JANEIRO

2023

SOFIA HERSCHMANN

ATMOSFERA CARREGADA

**Uma representação artística dos dados de poluição atmosférica do município
do Rio de Janeiro**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no curso de Desenho Industrial da
Escola Superior de Desenho Industrial da UERJ, sob a orientação de Barbara Castro

Orientadora: Barbara Castro

RIO DE JANEIRO

2023

Sumário

1. Introdução	9
1.1. Questão principal	10
1.2. Questões norteadoras	11
1.3. Objetivo geral	11
1.4. Objetivos específicos	11
1.5. Motivação	12
2. Referências Teóricas	13
2.1. A visualização de dados	13
2.1.1. O que é visualização de dados?	13
2.1.2. Elementos fundamentais	15
2.1.3. Breve história da visualização de dados	19
2.1.3.1. Primeiros anos	19
2.1.3.2. Avanços científicos e consolidação da infografia moderna	20
2.1.3.3. A era de ouro	20
2.1.3.4. Consumo de massa, Isotypes e comunicação	22
2.1.3.5. A chegada da internet	24
2.2. A visualização artística de dados	26
2.2.1. O que é data art ou visualização artística de dados?	26
2.2.2. Diferenças entre data art e dataviz	28
2.2.3. Dados como material artístico	28
2.2.4. Artistas e obras	29
3. Estudo de obras similares	34
3.1. Critérios de avaliação	35
3.2. Plastic Air	35
3.3. Particle Falls	36
3.4. The Haze	37
3.5. Dustmark (Staubmarke)	38
3.6. Considerações	40
4. O Escopo	42
4.1. Questões centrais	42
4.1.1. Poluição atmosférica	42
4.1.2. Ficalização	44
4.1.3. Definição do escopo	45
4.2. Metodologia	45
5. A Experiência	47
5.1. Descoberta de dados	47
5.1.1. Sobre o banco de dados	48
5.1.2. Primeiras visualizações	49
5.1.3. A pandemia e seus impactos na poluição atmosférica	53
5.2. Codificação visual e metáforas	56

5.3. Montagem.....	60
5.4. Consolidação.....	62
6. Entrevistas.....	67
6.1. Cintia, 53 anos, Zona Sul.....	68
6.2. Tiago, 31 anos, Zona Norte.....	69
6.3. Victor, 23 anos, Zona Oeste.....	70
6.4. Ana Letícia, 25 anos, Zona Central.....	71
6.5. Theo, 16 anos, Zona Sul.....	71
6.7. Análise das entrevistas.....	72
7. Considerações Finais.....	75
8. Referências.....	76

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Exemplo de indicadores visuais (2023)	16
Figura 2 - Exemplo de sistema de coordenadas (2023)	16
Figura 3 - Exemplo de escala (2023)	17
Figura 4 - Exemplo de contexto (2023)	18
Figura 5 - Gráfico completo (2023)	18
Figura 6 - Projeção Mercator (1569), Gerardo Mercator	20
Figura 7 - Mapa da Cólera (1850), John Snow	21
Figura 8 - Diagrama de causas de mortalidade do Exército Leste (1858), Florence Nightingale	21
Figura 9 - Mapa Figurativo das Sucessivas Perdas Humanas (1812), Charles Minard	22
Figura 10 - Nascimentos e mortes na Alemanha em um ano (1925), Otto Neurath e Gerd Arntz	23
Figura 11 - Mapa do Metrô de Londres (1931), Harry Beck	23
Figura 12 - We Feel Fine (2005), Jonathan Harris e Sep Kamvar	24
Figura 13 - Flight Patterns (2011), Aaron Koblin	25
Figura 14 - Wind Map (2012), Fernanda Viégas e Martin Wattenberg	26
Figura 15 - Dendrocronologia simulada da Imigração dos EUA (2019), Pedro Miguel Cruz	30
Figura 16 - Início solar de tudo o que muda (2008), Nathalie Miebach	31
Figura 17 - Dear Data (2014), Giorgia Lupi e Stefanie Posavec	32
Figura 18 - Plastic Air (2021), Giorgia Lupi	35
Figura 19 - Particle Falls (2013), Andrea Polli	37
Figura 20 - The Haze (2018), Yang Shiqi	38
Figura 21 - Dustmark (2018), Dietmar Offenhuber	39
Figura 22 - Mapa de estações de monitoramento do ar no Brasil (2024).....	42
Figura 23 - Modelo proposto por Ben Fry (2004).....	45
Figura 24 - Relação poluentes por estação (2024).....	48
Figura 25 - Média anual dos poluentes ao longo dos anos (2024).....	49
Figura 26 - Média anual do O ₃ nas estações ao longo dos anos (2024).....	50
Figura 27 - Média anual do CO nas estações ao longo dos anos (2024).....	50
Figura 28 - Média anual do PM ₁₀ nas estações ao longo dos anos (2024).....	51

Figura 29 - Média mensal dos poluentes de 2019 e 2020 (2024).....	53
Figura 30 - Média diária dos poluentes dos dias 18 a 25 de março de 2018, 2020, 2022 e 2024 (2024).....	54
Figura 31 - Mapa mental da poluição atmosférica (2024).....	56
Figura 32 - Moodboard (2024).....	56
Figura 33 - Rascunho das primeiras máscaras (2024).....	57
Figura 34 - Esboço final das máscaras (2024).....	58
Figura 35 - Base de tecido, base de gesso e base de papel machê (2024).....	59
Figura 36 - Formas feitas de massa EVA, cerâmica fria e miçangas (2024).....	60
Figura 37 - Etapas do protótipo (2024).....	61
Figura 38 - Máscaras finalizadas (2024).....	61
Figura 49 - Storyboard (2024).....	62
Figura 40 - Equipamentos utilizados na filmagem (2024).....	63
Figura 41 - Correção de cor: versão inicial e versão final (2024).....	64
Figura 42 - Fotografias das máscaras (2024).....	65

Agradecimentos

À minha família, Elianne, Micael, Cintia, Theo, obrigada pelo amor, carinho e suporte na minha jornada. Sei que ela não foi linear, com muitos desvios e percalços, mas é nos perdendo que a gente se encontra.

À minha orientadora, Barbara Castro, que esteve comigo nos momentos de crise e confiou em mim quando disse que queria mudar grande parte do trabalho. Sempre saí de nossas orientações muito inspirada. Fico feliz de estar concluindo este projeto com você, uma mulher que admiro profundamente.

Aos amigos, com quem sempre compartilho os momentos doces e amargos. Quem tem um amigo tem tudo. Yan, Luiza, Laura, Amanda, Bernardo, Flora, Victor, João, Ana Letícia e Gabriel, esse projeto não seria o mesmo sem vocês.

Por último, à Vitor, pelo companheirismo, apoio incondicional e as milhares de planilhas de Excel. Você é tudo, do alfa ao ômega.

Resumo

Atmosfera Carregada é uma obra de visualização artística cujo objetivo é sensibilizar pessoas sobre a situação da qualidade do ar no município do Rio de Janeiro e seus impactos socioambientais. Os dados utilizados para o desenvolvimento da obra provêm do Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar da Prefeitura do Rio de Janeiro (MonitorAr-Rio). A proposta parte do pressuposto que a visualização artística pode não só simplificar dados complexos mas também provocar respostas emocionais, tornando visível aquilo que anteriormente estava oculto. O presente relatório revisita conceitos de visualização de dados e de visualização artística, discutindo sua história e diferenças. Além disso, inclui também um estudo de obras similares, a definição do escopo e da metodologia, o processo de descoberta de dados, de codificação visual, da montagem e a produção da obra. Por fim, é feita uma avaliação daquilo que foi desenvolvido a partir de entrevistas semi-estruturadas.

Palavras-chave: visualização artística, arte, fisicalização, qualidade do ar, sensibilização socioambiental

Abstract

Atmosfera Carregada (Charged Atmosphere) is an data-art piece whose aim is to raise awareness about the air quality situation in the city of Rio de Janeiro and its socio-environmental impacts. The data used to develop the work comes from the Rio de Janeiro City Hall Air Quality Monitoring Program (MonitorAr-Rio). The proposal is based on the assumption that artistic visualization can simplify complex data and provoke emotional responses, making visible what was hidden. This report revisits the concepts of data visualization and artistic visualization, discussing their history and differences. It also includes a study of similar works, the definition of the scope and methodology, the process of data discovery, visual coding, assembly and the production of the work. Finally, there is an evaluation of what was developed through semi-structured interviews.

Keywords: data-art, art, physicality, air quality, socio-environmental awareness

1. Introdução

“A arte não reproduz o visível, ela torna visível”
-Paul Klee

Esse projeto é um experimento que tem como objetivo final o desenvolvimento de uma obra utilizando técnicas de visualização de dados e arte para sensibilizar as pessoas sobre o estado da qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro. A premissa do projeto é que técnicas de visualização artística podem não só simplificar um volume extenso de dados, os tornando facilmente entendíveis, mas também provocar respostas emocionais, colocando aquilo que estava oculto em evidência. O primeiro capítulo trata desses assuntos, definindo a questão principal, questões norteadoras, objetivo geral, objetivos específicos e motivação.

O segundo capítulo aborda a pesquisa gerada a partir de uma revisão bibliográfica acerca da área de visualização de dados e da visualização artística. Os conceitos de visualização de dados e de visualização artística são revistos e discutidos, assim como alguns de seus elementos fundamentais. Ademais, é feita uma breve síntese da história da visualização de dados desde seu início com a cartografia até hoje, baseada na obra de Mario Kanno, designer especialista em infografia. Depois disso, são debatidas algumas das diferenças entre visualização de dados e visualização artística. Por último, é introduzido o conceito de dados como material artístico e são levantados alguns exemplos de artistas e obras da área.

No terceiro capítulo, a partir do referencial teórico, é feito um estudo de quatro obras similares à que se pretende desenvolver no final desse projeto. Essa análise é fundamental, pois ao estudar e comparar trabalhos anteriores é possível expandir seu arcabouço estético, descobrir novas abordagens e obter inspiração para a geração de ideias. Dessa forma, o estudo de obras similares age como um guia que aponta possíveis direções a serem seguidas no projeto.

Já no quarto capítulo, o escopo do projeto é delineado a partir de um aprofundamento em dois temas essenciais: fisicalização de dados e poluição atmosférica. Nesse capítulo também é estabelecido que será utilizada a metodologia proposta por Ben Fry para o desenvolvimento das visualizações de dados.

O quinto capítulo abrange toda a parte prática do projeto. Esse capítulo inicia com a fase de descoberta de dados, na qual o banco de dados é apresentado, filtrado e analisado. A seguir, é descrito o processo de codificação visual e metáforas, onde são investigadas formas criativas de representar os dados. Em seguida, na fase de montagem, são realizados testes de materiais e a confecção de protótipos. Com o protótipo pronto avança-se para a etapa de consolidação, onde o processo de finalização da obra é abordado. Finalmente, no último capítulo, são conduzidas entrevistas semiestruturadas com cinco participantes com o intuito de compreender o impacto do projeto.

1.1. Questão principal

Nas últimas décadas, o acelerado crescimento das metrópoles e das indústrias, juntamente com a negligência ambiental em prol do progresso, tem contribuído significativamente para a degradação da qualidade do ar em várias regiões do mundo. Como consequência, atualmente quase toda a população mundial respira um ar contaminado por gases e partículas nocivas, muitas vezes invisíveis aos olhos por conta de seu estado físico ou tamanho diminuto (OMS, 2021).

Nas cidades, a qualidade do ar tem impactado a saúde dos habitantes de diversas formas. A poluição atmosférica tem sido associada ao agravamento de doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, especialmente em crianças e idosos. Além disso, estudos também têm mostrado uma correlação entre a exposição a certos poluentes e a ocorrência de diferentes tipos de câncer (IEMA, 2014). No entanto, a poluição do ar não afeta apenas os seres humanos, mas todo um ecossistema. Ela pode causar a acidificação das águas da chuva e da poeira, contaminando os corpos d'água, os biomas, o solo e as plantas, o que leva à redução da capacidade fotossintética.

Nesse contexto, esse trabalho utiliza dados coletados pelas estações municipais de qualidade do ar do Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar da Prefeitura do Rio de Janeiro (MonitorAr-Rio) para produzir uma obra de visualização artística de dados. O objetivo é sensibilizar as pessoas sobre o estado da qualidade do ar na cidade nos últimos anos. Assim, espera-se colocar em evidência um problema socioambiental pouco abordado que interfere diretamente a vida de diversas

peessoas, mas não é facilmente perceptível.

1.2. Questões norteadoras

O pressuposto levantado é que técnicas de visualização artística podem ser utilizadas para sensibilizar e comover pessoas, simplificando o que antes era um grande volume de dados e democratizando a informação (ZHAO e MOERE, 2008). Além disso, a partir dessas técnicas será possível detectar padrões nos dados e adquirir *insights*, que irão elucidar a situação da poluição atmosférica no Rio de Janeiro.

1.3. Objetivo geral

Por meio do desenvolvimento de uma obra no campo da visualização artística, o projeto visa informar jovens e adultos que moram ou trabalham no município do Rio de Janeiro sobre a qualidade do ar no município e seus impactos sociais e ambientais.

1.4. Objetivos específicos

- Estudar a bibliografia de textos da área de visualização de dados e visualização artística;
- Realizar um levantamento de obras similares a que se pretende desenvolver para entender aspectos desejáveis no projeto;
- Definir um escopo;
- Definir uma metodologia de projeto;
- Descobrir, filtrar e organizar os dados que servirão como base para o desenvolvimento do projeto;
- Definir quais perguntas deverão ser respondidas pela visualização;
- Identificar padrões e *insights* nos dados coletados;
- Compreender qual o melhor recurso visual para representar esses dados;
- Testar e iterar;
- Montar a obra;
- Avaliar a experiência criada e o impacto a partir de entrevistas.

1.5. Motivação

O que é mais instigante no campo da visualização de dados é essa capacidade de utilizar dados, que se conectam de forma tão direta com a nossa realidade, e transformá-los em algo visual e mais concreto, capaz de sintetizar o que antes seria apenas um aglomerado de números. Contudo, o *data art* vai além, explorando o uso de dados em contextos poéticos e em obras de arte. Ao me aprofundar no tema, muitos nomes serviram como inspiração para que decidisse seguir este caminho como Nathalie Miebach, Fernanda Viégas, Pedro Miguel Cruz, Giorgia Lupi, Stefanie Posavec e Barbara Castro.

Ademais, vê-se aqui a oportunidade de abordar um tema em pouca evidência, a poluição atmosférica. O projeto valoriza dados pouco acessados pelo público geral ao utilizá-los na criação de uma obra, realizando uma apropriação democrática desses recursos destinada a pessoas leigas ou não especialistas. Afinal, dados de pesquisa são ativos valiosos que devem ser preservados para reutilização de outros (BORGMAN, 2019). Dessa forma, a maior motivação para a produção desse projeto foi o entendimento que a partir do campo do *data art* seria possível abordar assuntos importantes de forma poética, evidenciando dados subutilizados e buscando provocar a sensibilização através da arte.

2. Referências Teóricas

2.1. A visualização de dados

2.1.1. O que é visualização de dados?

É uma tarefa difícil definir o que exatamente é a visualização de dados. Seja por conta dos inúmeros tipos de projetos já feitos dentro dessa área, seja pelos limites um pouco nebulosos que separam esse campo de outras áreas similares, como visualização científica, visualização de informação e a infografia. De forma geral, podemos entender que todos esses conceitos estão em um campo mais amplo, chamado design de informação, e possuem pequenas diferenças entre si.

A visualização científica é um campo que surgiu em 1980 junto ao desenvolvimento da computação gráfica 3D. Ela se diferencia da visualização de informação não pelo uso de diferentes tipos de dados, mas sim porque privilegia técnicas e tecnologias distintas (MANOVICH, 2018). Já a visualização de informação nasceu em 1990 concomitante ao surgimento de softwares gráficos 2D e a adoção de PCs por designers. Com o passar dos anos a partir dos avanços tecnológicos e do aumento na produção de dados, ela se popularizou ainda mais, o que culminou no surgimento de novas linguagens de programação voltadas especificamente para a produção de imagens, como o Processing (MANOVICH, 2018). Portanto, ambos são conceitos relativamente novos, frutos da introdução de novas tecnologias na sociedade.

Por outro lado, a diferenciação entre visualização de dados e visualização de informação é um pouco mais complexa. Os dois conceitos muitas vezes são utilizados como ideias intercambiáveis entre si e não parece existir um consenso do que os distinguiria. Entretanto, uma diferenciação já estabelecida é a entre dados e informação. Dados são o elemento que constitui a matéria-prima da informação, conhecimento bruto. Por isso, dados podem ser considerados os precursores da informação, já que eles não são necessariamente informativos. Por outro lado, a informação são os dados que já foram devidamente tratados e analisados, ou seja, dados que já possuem um significado. Dessa forma, é possível dizer que enquanto a visualização de dados trabalha com dados brutos, a visualização de informação lida com informação, que seriam esses dados já tratados.

Por exemplo, no caso da qualidade do ar do Rio de Janeiro, estamos falando de dados quando mencionamos que, em 2019, a concentração média de dióxido de nitrogênio (NO₂) em Bangu foi de 20,000 µg/m³. Em contrapartida, estamos falando de informações quando afirmamos que, no mesmo ano, a concentração média de dióxido de nitrogênio em Bangu foi inferior à de Manguinhos.

Por último, a infografia é um conceito que está mais relacionado à imprensa, aos jornais e hoje em dia, às mídias digitais (KANNO, 2018). Diferente de gráficos, mapas e diagramas, os infográficos atuam como matérias jornalísticas independentes, não sendo necessariamente subordinados a outros textos jornalísticos.

Diante do cenário delineado, onde existem diversos conceitos similares com significados um pouco imprecisos, esse trabalho adotará a definição de visualização de dados proposta por Julie Freeman, artista de dados britânica que escreveu extensivamente sobre o assunto. Se escolheu utilizar essa definição por entender que ela engloba uma grande gama de projetos e mídias atuais. Neste trabalho, se optou por usar a visualização de dados em detrimento da visualização de informação, já que os dados podem ser utilizados como material artístico (FREEMAN, 2018).

Além disso, para os propósitos estipulados serão abordados projetos de diversas áreas (infografia, visualização de informação, cartografia) visto que cada uma dessas contribui de alguma forma para a construção do referencial teórico do projeto. No decorrer do texto, por meio desses exemplos, se tornarão mais evidentes essas diferenciações anteriormente desenvolvidas entre os campos do design da informação.

Logo, a visualização de dados será definida como "... um campo do design que se concentra na representação e na análise de dados em formato visual para criar uma interpretação direta e significativa." (FREEMAN, 2018, p.43). Além disso, existiriam outros dois conceitos fundamentais para entender a visualização de dados: a redução e o espaço.

A redução seria toda a abstração feita com o uso de formas geométricas para representar objetos e as relações entre eles. A redução é capaz de esquematizar

rapidamente dados complexos e extensos, revelando padrões e estruturas que antes estavam ocultos. Entretanto, o uso da redução também pode ter impactos negativos, já que nas abstrações pode se perder tudo aquilo que é específico e particular do que está sendo retratado. O uso da redução em gráficos está profundamente relacionado à trajetória igualmente reducionista da ciência moderna, que buscava encontrar padrões e leis na sociedade (MANOVICH, 2018).

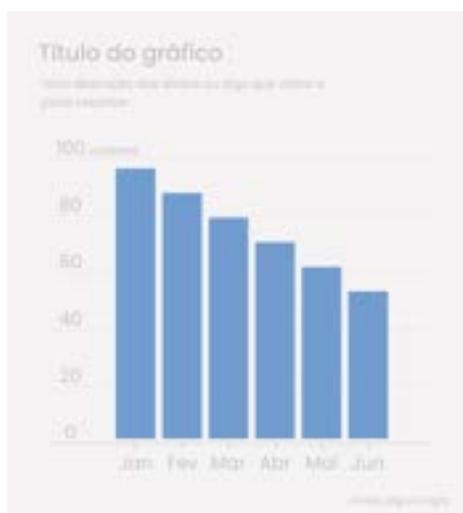
Por outro lado, o espaço estaria relacionado ao uso de variáveis espaciais (forma, posição, tamanho, ângulo e mais recentemente movimento) que também teriam como objetivo revelar padrões e relações importantes. A visualização de dados costuma privilegiar as variáveis espaciais em detrimento de outras dimensões visuais. Isso acontece porque na percepção humana, as propriedades espaciais são o que mais chama atenção no primeiro momento. Dessa forma, é comum que aspectos-chave das visualizações sejam representados pelas variáveis espaciais, enquanto outras dimensões retratam aspectos menos importantes (MANOVICH, 2018).

2.1.2. Elementos fundamentais

Ao entender esses conceitos essenciais nos encontramos um pouco mais perto de compreender o campo da visualização de dados. Todavia, também é preciso entender quais são os elementos que tradicionalmente compõem uma visualização. Conforme delineado por Yau (2003) os gráficos têm quatro elementos fundamentais: indicadores visuais, sistema de coordenadas, escala e contexto.

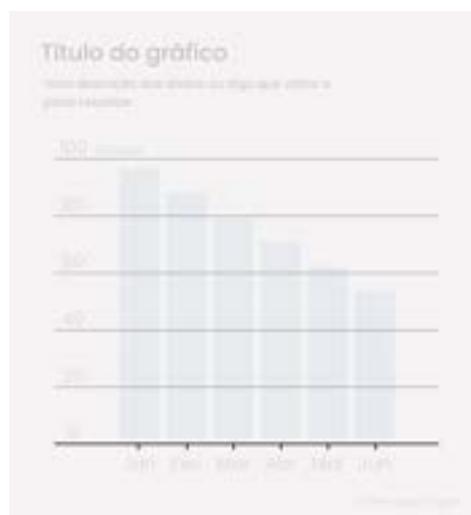
O primeiro elemento são os indicadores visuais, que seriam o mesmo que previamente definimos como variáveis espaciais (MANOVICH, 2018). Em sua forma mais básica, a visualização de dados é apenas a transformação de dados em formas geométricas e cor. Contudo, é importante escolher os indicadores visuais corretos, caso contrário a essência dos dados representados será perdida.

Os indicadores visuais podem ser classificados em nove categorias, essas são: posição, comprimento, ângulo, direção, forma, área, volume, saturação e matiz da cor. Cada uma dessas categorias tem sua importância e princípios básicos de bom uso, já que causam impacto na forma que os dados são percebidos na visualização.

Figura 1 - Exemplo de indicadores visuais (2023)

Fonte: Compilação do autor

O segundo elemento é o sistema de coordenadas, que pode ser entendido como o espaço estruturado onde são posicionados os indicadores visuais. Existem diversos tipos de sistemas de coordenadas, porém os mais comuns são o cartesiano, polar e geográfico.

Figura 2 - Exemplo de sistema de coordenadas (2023)

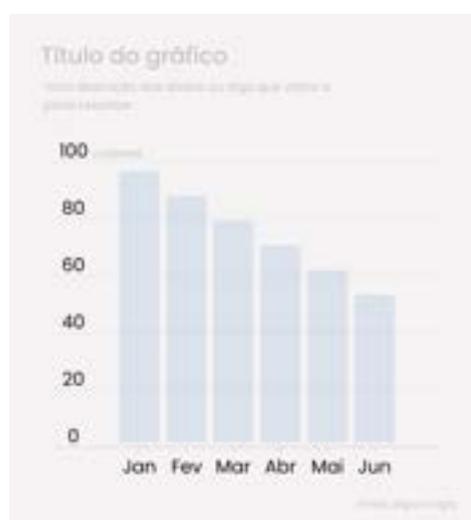
Fonte: Compilação do autor

O cartesiano é o mais utilizado. Nele, o espaço é dividido entre o eixo x e y. Os eixos estão estruturados em duas linhas perpendiculares, que dividem negativo e positivo. O local de interseção das linhas é a origem, e os valores das coordenadas indicam a distância a partir dessa origem. Já o polar é o sistema utilizado para fazer gráficos de setor (popularmente conhecidos como gráficos de pizza), por exemplo. Ele é constituído por uma grade circular, em que o ponto mais à direita é zero grau.

Quanto maior for o ângulo, maior será a rotação no sentido anti-horário. Por último, o geográfico é um sistema baseado em projeções cartográficas, que inclui as coordenadas de longitude, latitude e elevação.

O próximo elemento é a escala. Enquanto o sistema de coordenadas define as dimensões da visualização, ela define em que ponto daquela dimensão estão os dados mapeados. Assim como o sistema de coordenadas, existem uma infinidade de escalas, mas aqui elas serão classificadas em numéricas, categóricas e temporais.

Figura 3 - Exemplo de escala (2023)



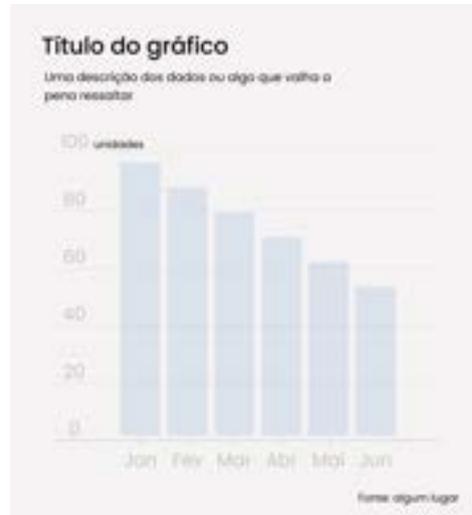
Fonte: Compilação do autor

As numéricas podem ser lineares, logarítmicas ou percentuais. Na escala linear o espaçamento visual é o mesmo, independente de onde você esteja no eixo. Por outro lado, uma escala logarítmica se condensa à medida que se aumentam os valores. Uma escala percentual geralmente é linear, mas quando é usada para representar partes de um todo, seu máximo é 100%. Já a categórica é uma escala que fornece separação visual para diferentes grupos, como cidades, partidos políticos ou diferentes classes econômicas. Por fim, a escala temporal permite traçar dados temporais em uma escala linear ou, caso sejam agrupados em categorias maiores como meses, pode ser visualizada como uma variável discreta.

O último elemento fundamental que compõe um gráfico é o contexto. Ele fornece informações que ajudam os leitores a compreender melhor o gráfico. Ele pode estar explícito em um gráfico, com uma legenda e um título, ou implícito por meio de

algum outro recurso visual. No entanto, é importante que o contexto seja claro aos leitores, do contrário o gráfico poderá ser mal interpretado.

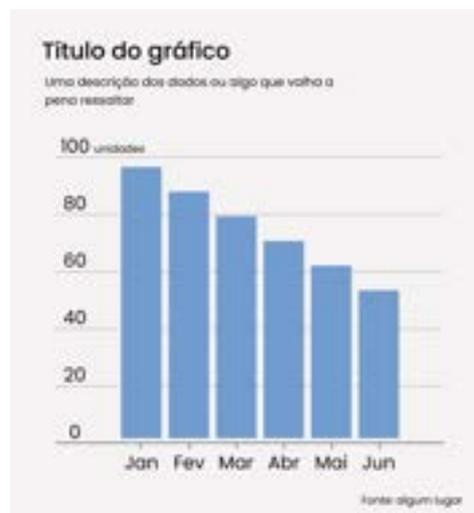
Figura 4 - Exemplo de contexto (2023)



Fonte: Compilação do autor

Quando todos esses elementos fundamentais se juntam é que se cria um gráfico. Por exemplo, ao juntar o indicador visual de comprimento com um sistema de coordenadas cartesiano e uma escala numérica no eixo vertical e temporal no eixo horizontal se obtém um gráfico de colunas como o ilustrado na figura 5. Com a junção do sistema de coordenadas polar, indicadores visuais de cor e uma escala percentual se obtém um gráfico de setor e assim por diante.

Figura 5 - Gráfico completo (2023)



Fonte: Compilação do autor

Em síntese, os indicadores visuais são o principal componente que os indivíduos verão no gráfico. Já o sistema de coordenadas e a escala fornecerão estrutura e um senso de dimensão e espaço. Por fim, o contexto dará vida aos dados e os tornará compreensíveis, relacionáveis e dignos de serem observados.

2.1.3. Breve história da visualização de dados

Para compreender a visualização de dados e a visualização artística, foi essencial estudar as origens do campo. Com base na obra "Infografia: guia básico de didáticos" do designer Mario Kanno, foi feita uma breve síntese de expoentes e momentos relevantes para a história do design de informação. É fundamental ressaltar que esse trabalho não tem a intenção de revisar toda a história da área, portanto, alguns personagens importantes não foram citados. O recorte foi construído com base em trabalhos que, de alguma forma, se relacionam com o que será realizado no projeto.

2.1.3.1. Primeiros anos

O primeiro registro oficial que se possui de um infográfico remonta ao ano 1806, no jornal London Times. Contudo, a ferramenta visual já estava sendo utilizada para representar dados muito antes disso, sendo essa uma prática anterior à própria escrita (KANNO, 2018). Ela começa, mais precisamente, em conjunto com a história da cartografia.

Os petróglifos, símbolos esculpidos em rocha, são considerados umas das primeiras evidências de linguagem gráfica em povos antigos. No território que hoje em dia chamamos Iraque, foi encontrado um petróglifo que representa o mapa da cidade de Babilônia. Esse é um dos primeiros registros históricos conhecidos em que o ser humano buscou representar não apenas símbolos, mas dados geográficos por meio da informação visual (KANNO, 2018).

Entretanto, o mapa da cidade de Babilônia é só um dos exemplos da miríade de mapas produzidos nos anos seguintes. Para povos antigos, era necessário saber onde se localizavam as montanhas e rios, de forma que mapas como linguagem visual foram se tornando cada vez mais populares (KANNO, 2018). Seu ápice foi na época das grandes navegações onde europeus produziram inúmeros diagramas na

tentativa de mapear o mundo em sua totalidade. É nessa época que Gerardus Mercator desenvolve a projeção Mercator, que depois ficará imortalizada na mente de tantos como a principal representação do Mapa Múndi.

Figura 6 - Projeção Mercator (1569), Gerardo Mercator



Fonte: Site Geocracia

2.1.3.2. Avanços científicos e consolidação da infografia moderna

A história da visualização e seus avanços sempre estão diretamente relacionados às necessidades e aos avanços da sociedade (KANNO, 2018). Dessa forma, é a partir dos avanços científicos do século XVII que começam a ser criadas novas formas de representar dados, como mapas topográficos e gráficos de função. Entretanto, é apenas em 1800 que gráficos e mapas evoluem para o formato tal qual como é hoje. É nessa época que eles começam a se tornar mais populares, envolvendo informações das mais diversas áreas, como saúde, economia e demografia.

2.1.3.3. A era de ouro

Após a consolidação da infografia moderna proporcionada pelos avanços anteriores, em 1850 ela atinge seu período mais prolífico, onde são produzidos alguns dos trabalhos mais importantes na história da infografia. Além disso, as informações numéricas começam a ganhar importância no controle e planejamento social, político e econômico (KANNO, 2018).

O primeiro trabalho de grande relevância produzido nessa época foi o mapa que o médico John Snow fez de Londres. Na época, a Inglaterra sofria uma epidemia de cólera, que muitos cientistas acreditavam ser transmitida por meio do ar.

Figura 7 - Mapa da Cólera (1850), John Snow

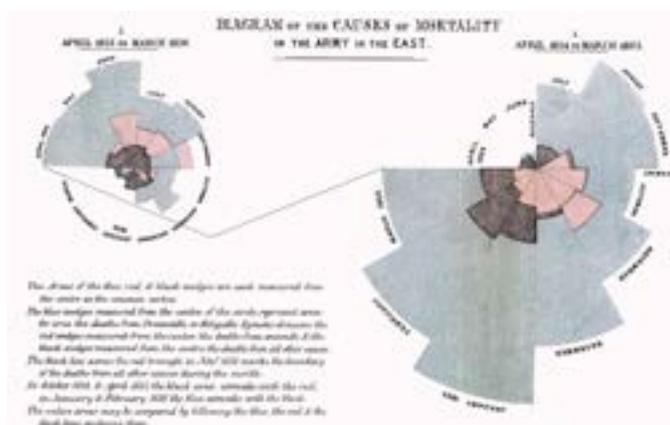


Fonte: Site National Geographic

Contudo, Snow acreditava que a água poderia estar contaminada e para provar sua hipótese, ele começou a mapear as bombas d'água da cidade. Seu trabalho comprovou a correlação entre a água contaminada e os casos de cólera, o que posteriormente possibilitou a eliminação da pandemia (EDWARDS, 2020).

Outro trabalho importante feito no mesmo período foi o "Diagrama das causas de mortalidade do Exército Leste" de Florence Nightingale, popularmente conhecido como Diagrama da Rosa. O diagrama mostra que a maior causa de morte entre os militares que participaram da Guerra da Crimeia foram doenças e não ferimentos de batalha. A partir desses dados, a enfermeira defende a necessidade do controle dessas doenças através da ventilação, nutrição e abrigo, iniciando assim uma campanha para melhorias das condições sanitárias do exército.

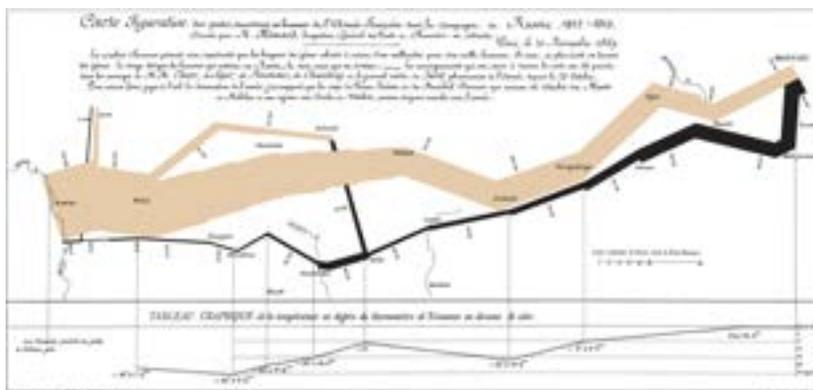
Figura 8 - Diagrama de causas de mortalidade do Exército Leste (1858), Florence Nightingale



Fonte: Wikimedia Commons

Outro trabalho memorável foi o de Charles Minard, que ilustrou a desastrosa campanha de Napoleão contra a Rússia em 1812. O gráfico se destaca pela quantidade de variáveis representadas, ao todo seis, que buscam caracterizar a largura do trajeto, o número de soldados sobreviventes, as linhas de latitude e longitude, a direção de ida e volta, a localização do exército e a temperatura do local. Essa representação é apontada por Edward Tufte como melhor gráfico estatístico já feito (TUFTE, 2013).

Figura 9 - Mapa Figurativo das Sucessivas Perdas Humanas (1812), Charles Minard



Fonte: Wikimedia Commons

Esses gráficos, cada um com suas particularidades, ajudaram a consolidar a infografia como um campo valioso dentro do design, que deveria ser entendido e estudado.

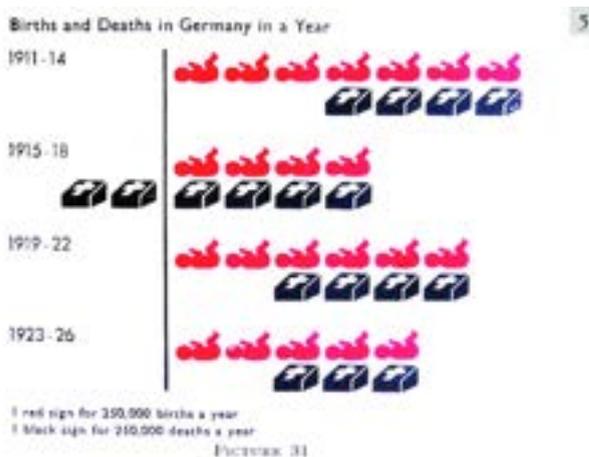
2.1.3.4. Consumo de massa, Isotypes e comunicação

Passados alguns anos, na primeira metade do século XX o uso da linguagem visual se difunde na imprensa, no governo, comércio e ciências. É o início da comunicação e consumo em massa (KANNO, 2018). Nesse período, se destacam as contribuições feitas por Otto Neurath e Harry Beck para o design e a infografia.

Em 1925 Otto Neurath e Gerd Arntz começaram a desenvolver um projeto chamado Isotype. A ideia era criar um conjunto de ícones e pictogramas que fossem facilmente compreendidos e lembrados pelo público. Os ícones seriam desenhados de forma consistente e padronizada, visando torná-los reconhecíveis e compreensíveis para pessoas de diferentes origens e culturas. Em sua obra, Otto Neurath utilizou esses pictogramas para representar dados, como no caso da figura

10, onde cada bebê representa 250.000 nascimentos e cada caixão 250.000 mortes. O projeto foi influente e sua repercussão pode ser vista em diferentes áreas do design, como design de informação, design de sinalização e design de interface do usuário (LIMA, 2010).

Figura 10 - Nascimentos e mortes na Alemanha em um ano (1925), Otto Neurath e Gerd Arntz



Fonte: Site ResearchGate

Já Harry Beck se distingue por dar um passo importante na difusão da cartografia. Em 1931 ele é chamado para refazer o mapa do metrô de Londres. O mapa antigo tinha um problema: ele dispunha as estações de metrô conforme a localização geográfica fazendo com que estações próximas se confundissem. Logo, Beck cria uma nova visualização que ignora distâncias geográficas e mostra um diagrama claro de como as estações se ligavam uma na outra.

Figura 11 - Mapa do Metrô de Londres (1931), Harry Beck



Fonte: Site London Transport Museum

2.1.3.5. A chegada da internet

A partir dos avanços tecnológicos nas décadas seguintes são criadas experiências de visualização de dados. As bases de dados ganham proporções colossais por conta do advento da internet e do computador, que coletam e distribuem dados diariamente. Os consumidores de informação são levados a aprender novos códigos visuais em diversas mídias e passam a ter um papel mais ativo na experiência (KANNO, 2018).

Nesse contexto, uma contribuição importante para a história recente da visualização de dados foi o projeto We Feel Fine¹ feito por Jonathan Harris e Sep Kamvar. We Feel Fine é um sistema criado em 2005 que foi descontinuado e buscava coletar uma gama de sentimentos expressos em inúmeros blogs.

Figura 12 - We Feel Fine (2005), Jonathan Harris e Sep Kamvar



Fonte: Site Jonathan J. Harris

Funcionava da seguinte forma: a cada poucos minutos, o programa pesquisava ocorrências das frases "i fell" e "I am feeling" em diversos blogs no mundo inteiro. Quando encontrava uma frase desse tipo, ele registrava a frase completa e identificava o "sentimento" expresso nessa frase. Como os blogs eram estruturados

¹ Mais informações sobre o projeto We Feel Fine estão disponíveis em: <https://jonathanharris.org/we-feel-fine>

de forma bastante padronizada, a idade, o sexo e a localização geográfica do autor podem ser extraídos e salvos com a frase, assim como as condições climáticas locais no momento em que a frase foi escrita. Todas essas informações eram salvas, resultando em um enorme banco de dados de sentimentos. O projeto possuía uma interface onde esses sentimentos poderiam ser organizados e explorados através das mais diversas categorias.

Outro trabalho memorável contemporâneo foi a visualização feita por Aaron Koblin em 2011 do tráfego aéreo dos EUA². O artista utilizou dados disponibilizados pela Aircraft Situation Display To Industry (ASDI) para capturar o tráfego aéreo durante 24 horas em um time-lapse. Koblin usa variações de cores e padrões para ilustrar uma ampla gama de dados e eventos, incluindo tipos de aeronaves, alterações nas rotas, mudanças no tráfego aéreo em determinadas áreas geográficas, sistemas meteorológicos e zonas de exclusão aérea. A visualização representa a materialização do comércio no mundo e a dinâmica entre espaços terrestres e aéreos (VENTURELLI, 2019).

Figura 13 - Flight Patterns (2011), Aaron Koblin



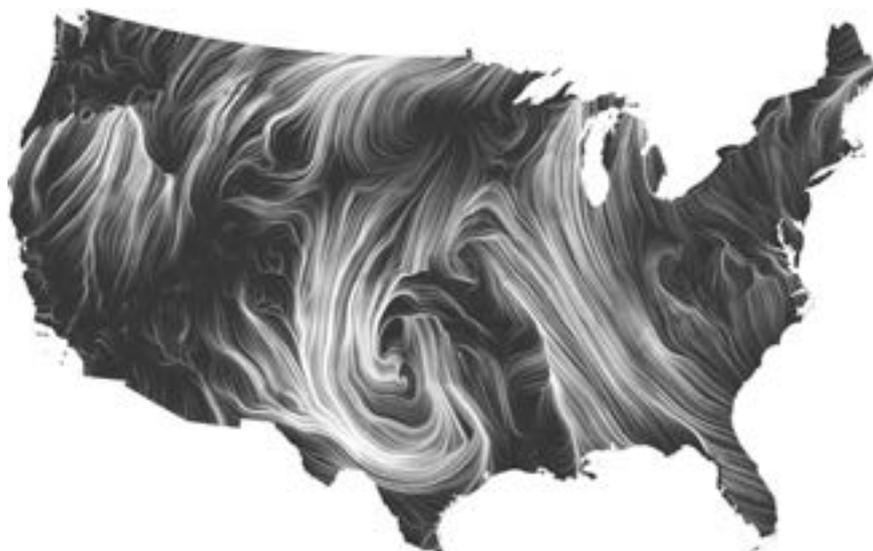
Fonte: Site Art Institute of Chicago

Por último, outro trabalho relativamente recente de destaque foi o da brasileira Fernanda Viégas. Em 2012 ela e o norte-americano Martin Wattenberg montaram

² O vídeo da visualização feita por Aaron Koblin está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dPv8psZsvIU>

um mapa de ventos em tempo real dos Estados Unidos a partir de dados do National Digital Forecast Database. O "Wind Map"³ expõe os padrões de vento que fluem pelos Estados Unidos e os apresenta como uma obra de arte em movimento.

Figura 14 - Wind Map (2012), Fernanda Viégas e Martin Wattenberg



Fonte: Site Fernanda Viégas & Martin Wattenberg

Assim, esse novo período marca o surgimento da visualização de dados como conhecemos hoje. A partir da inserção de novas tecnologias, como computadores, softwares e outras ferramentas, as visualizações se tornam mais dinâmicas, interativas, e diversas. A visualização deixa de ser algo estático para se tornar algo vivo e por vezes mutável, onde usuários podem contribuir ou alterá-las por meio de inputs pessoais

2.2. A visualização artística de dados

2.2.1. O que é *data art* ou visualização artística de dados?

Hoje, mais do que nunca, os dados estão no centro da cultura da era digital. Sem eles os sistemas tecnológicos que utilizamos colapsariam. Ademais, eles nos dão conhecimento para obter uma visão ampla sobre o mundo, articulando o passado e o presente. Desse modo, não é surpresa que os dados tenham sido cada vez mais incorporados em diversos campos do conhecimento, inclusive na arte.

³ Mais informações sobre o projeto Wind Map estão disponíveis em: <http://hint.fm/wind/>

Existem diversas definições possíveis para *data art*. A natureza ampla e variada dos dados se torna um obstáculo quando se trata de criar uma definição que engloba trabalhos que, por sua vez, também são amplos e variados. De modo geral, a terminologia para formas de arte sempre foi fluida (PAUL, 2008). Até mesmo a arte digital já recebeu muitos nomes como arte cibernética, arte multimídia, arte computacional, ou ainda, arte das novas mídias (FREEMAN, 2018).

Embora haja uma fluidez na definição de *data art*, este trabalho utilizará a definição proposta por Julie Freeman. Dessa forma, a visualização artística será definida como a “tradução de dados digitais para criar obras de arte cognitivas, físicas e/ou sublimes” (FREEMAN, 2018, p.52, tradução nossa). Para haver maior entendimento sobre o tema, alguns dos conceitos presentes nessa definição serão destrinchados nos próximos parágrafos.

Segundo Freeman, a escolha da palavra tradução se dá pelo fato de que ocorre um processo de tradução tanto dos dados para a arte, quanto da arte para o público. Nesse processo, algumas coisas são perdidas e outras são ganhas. Para um artista de dados, há espaço para escolher como e o que traduzir nos dados - o que adicionar ou revelar e o que ignorar ou desconfiar. Ademais, a palavra tradução, ao contrário da palavra representação, permite que se inclua trabalhos de arte não representativa nessa área, como obras expressionistas ou abstratas.

Já os "dados digitais" para a autora seriam aqueles mantidos no formato eletrônico digital de zeros e uns na memória de um computador. Contudo, aqui há uma imprecisão, porque existem trabalhos no campo da *data art* que transformam dados analógicos em digitais e vice-versa, resultando em trabalhos que abrangem ambos os formatos de dados.

Agora, é necessário distinguir as diferentes categorias criadas pela autora para arte de dados. De acordo com Freeman a arte pode ser física, cognitiva ou sublime. Primeiro, a arte física é aquela que é uma presença física em si, um objeto tangível. Ou seja, é uma arte que não compreende apenas o âmbito digital. Físico também pode significar elementar. Por exemplo, trabalhos baseados em temperatura, fumaça, com pisos que tremem, são obras de arte físicas. Já a arte cognitiva é aquela que provoca uma resposta na percepção do usuário, estabelecendo uma

conexão. Ela se opõe à arte sublime, sendo considerada uma experiência completamente separada da mesma. Por último, a arte sublime é uma experiência sensorial avassaladora difícil de expressar em palavras. A obra de arte sublime ultrapassa a nossa capacidade de sermos objetivos em relação a ela, está em um estado de desconhecimento convincente.

2.2.2. Diferenças entre *data art* e *dataviz*

O próximo passo para compreender melhor a visualização artística é diferenciá-la da visualização de dados (no inglês abreviada para *dataviz*). Alguns autores como Kosara (2007) tentam fazer essa diferenciação posicionando a visualização de dados como algo mais técnico e pragmático. Para ele, a visualização de dados ou visualização pragmática seria explorar, analisar ou apresentar informações de uma forma que permita ao usuário entender completamente os dados. Já a *data art* estaria relacionada a passar uma mensagem, ao invés de mostrar dados. Entretanto, essa divisão ignora o fato de que a arte também pode ser muito técnica.

Apesar dessa ressalva, as definições de Kosara começam a esboçar os limites entre esses dois campos. Para Freeman (2018, p.43) a maior diferença seria que a visualização de dados necessariamente é visual e deve transmitir informações. Já a visualização artística ou *data art* por vezes não é visual e busca produzir uma experiência. Ademais, para a autora outro aspecto relevante é a experiência do sublime, que estaria associada somente a arte de dados. Dessa forma, é possível perceber que as fronteiras entre essas áreas são vagas e por vezes dependem da intenção do autor do projeto. Contudo, através dessas interpretações elas se tornam um pouco mais definidas.

2.2.3. Dados como material artístico

Como material artístico os dados possuem diversas vantagens. Embora pareçam intangíveis, eles podem ajudar a iluminar e a dar sentido a coisas que não podemos ver, sentir ou ouvir com nossos sentidos humanos (FREEMAN, 2018).

Além disso, eles podem ser aplicados na arte de muitas formas. Por exemplo, os dados podem gerar a essência do trabalho, permitindo que formas sejam derivadas do próprio conjunto de dados. Ou então podem ser utilizados como uma dimensão

adicional na arte para gerar dinâmica. Outra possibilidade é o uso para revelar padrões e comunicar uma mensagem (FREEMAN, 2018).

Um aspecto importante a se considerar quando se utilizam dados como material artístico é que como esses dados são capturados e expressos tem um impacto significativo sobre a experiência projetada. Se os dados utilizados forem pessoais, é possível que a experiência se torne mais íntima. Por outro lado, se eles forem coletados em tempo real de uma fonte viva, quando essa fonte morrer a experiência também morrerá. Dessa forma, o artista precisa se atentar a essas questões. É provável que os próprios dados, por possuírem características específicas, indiquem qual o melhor caminho para projetar aquela experiência (BUFORD, 2012). Cabe ao artista decidir se seguirá esse caminho ou não.

2.3.4. Artistas e obras

Visando que se amplie a compreensão sobre o campo do *data art*, serão fornecidos aqui alguns exemplos de artistas que usam dados como material artístico. Entretanto, antes de tudo é importante ressaltar que muitos expoentes que fazem obras no campo de *data art* não se definem como artistas de dados, mas como designers de informação, cientistas da computação, cientistas de dados, entre outros. Essa fluidez na terminologia de *data art* faz com que a forma que os artistas de dados se determinam seja fluida também. Como consequência, torna-se mais difícil acompanhar os trabalhos que estão sendo produzidos na área.

- **Pedro Miguel Cruz**

O primeiro artista que será abordado é Pedro Miguel Cruz. Além de seu trabalho como artista, ele é professor da Northeastern University, no departamento de design e arte e possui doutorado na área de Computational Design. Em suas obras ele busca explorar metáforas inspiradas na natureza para retratar dados e informações por meio do design. Em sua obra "Dendrocronologia simulada da Imigração dos EUA"⁴ podemos perceber essa metáfora da natureza mais viva do que nunca.

⁴ A obra está disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=qxggf-ul870>

Figura 15 - Dendrocronologia simulada da Imigração dos EUA (2019), Pedro Miguel Cruz



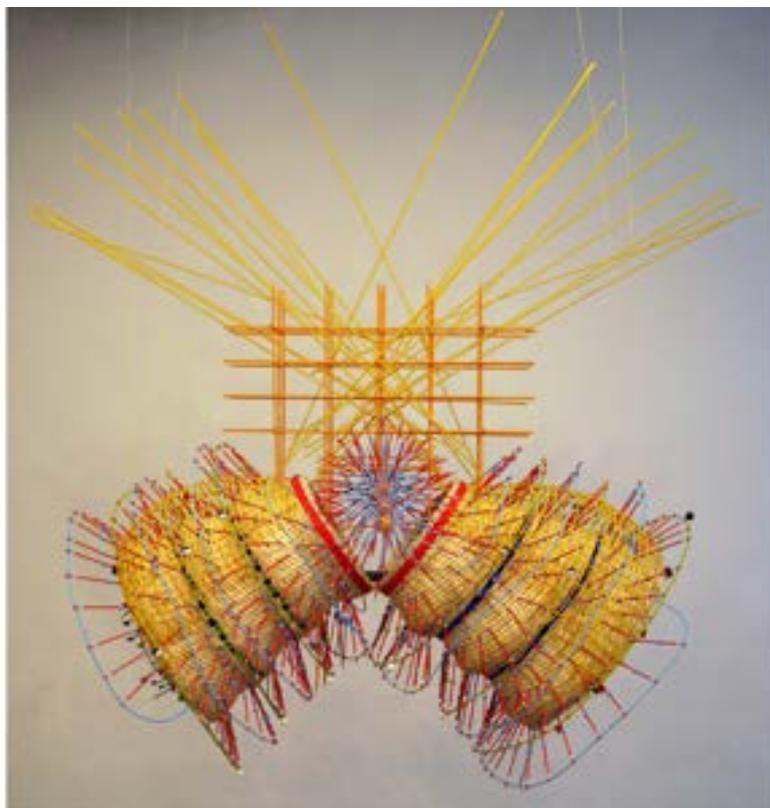
Fonte: Site Pedro Miguel Cruz

Nela, o artista representa os ciclos migratórios para os EUA de 1830 - 2016 como anéis de árvore, onde cada célula representa 100 imigrantes que chegaram em uma determinada década. Nesse contexto, cor e direção também significam algo. A cor é usada para diferenciar de onde cada imigrante veio. Por exemplo, Canadá está representado por azul e Europa por verde. A direção indica a direção geográfica pela qual os imigrantes chegaram nos EUA, como leste ou oeste. Todos os dados foram consultados no IPUMS-USA (Integrated Public Use Microdata Serie) e consistem em milhões de amostras de questionários dos Censos dos EUA. O trabalho é uma animação, mas também funciona como uma visualização estática.

- **Nathalie Miebach**

A segunda artista que será abordada é Nathalie Miebach. A artista explora a interseção da arte e da ciência traduzindo dados científicos relacionados à meteorologia, ecologia e oceanografia em esculturas, partituras e *performances* musicais. Ela utiliza principalmente as técnicas de tecelagem de cestos para traduzir os dados no espaço tridimensional. O ponto central de seu trabalho é interpretar como a arte pode traduzir sistemas científicos complexos, como o clima.

Figura 16 - Início solar de tudo o que muda (2008), Nathalie Miebach



Fonte: Site Nathalie Miebach

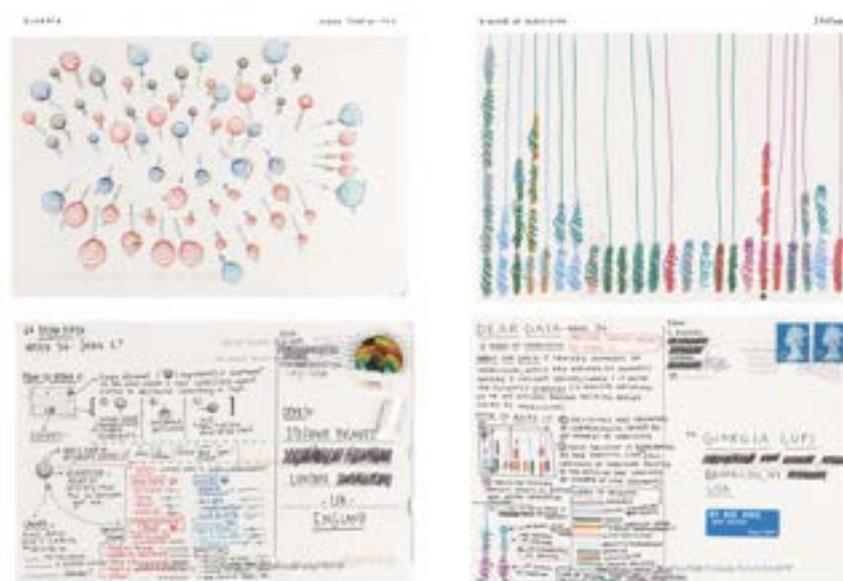
A figura acima⁵ faz parte de uma série de esculturas produzidas de 2006 a 2008. A artista documentou os dados meteorológicos e oceânicos da praia Herring Cove durante dois anos. No final, produziu uma série de onze esculturas, cada uma representando interações entre elementos particulares como mudanças nos oceanos, ventos, baleias, pressão barométrica, cobertura de nuvens, temperatura do solo, observação de pássaros, entre outros. Nas esculturas, cada componente significa algo específico. Por exemplo, uma cavilha vermelha pode significar uma alteração de temperatura, ou um junco particular da cesta pode significar a migração dos pássaros. A artista também adiciona números, para fornecer um contexto ao espectador. Assim, Miebach busca deixar diversos indicadores visuais em suas esculturas para que caso o espectador queira observá-las mais de perto ele consiga captar os dados ali presentes.

⁵ Mais informações sobre a obra de Nathalie Miebach estão disponíveis em: <https://www.nathaliemiebach.com/work/new-portfolio-item-1>

- **Giorgia Lupi e Stefanie Posavec**

O último exemplo que será fornecido de *data art* é um projeto realizado por Giorgia Lupi e Stefanie Posavec chamado "Dear Data"⁶. Ambas são designers de informação, uma é italiana e mora em Londres e outra é inglesa e mora em Nova Iorque. Durante o período de um ano, as duas trocaram cartões postais escritos a mão com dados coletados em torno de um tópico: quantas vezes olharam para o relógio, disseram obrigada, reclamaram, observaram algo bonito, entre outros.

Figura 17 - Dear Data (2014), Giorgia Lupi e Stefanie Posavec



Fonte: Site Dear Data

Na frente do cartão postal elas desenhavam a visualização para representar os dados coletados. No verso, escreviam uma legenda para que fosse possível interpretar esses dados. O projeto começou como uma tentativa de estimular o uso de ferramentas analógicas para representar dados e terminou sendo uma documentação profundamente pessoal sobre suas vidas, uma forma de conhecerem a si mesmas. Sobre essa questão as autoras disseram "...em vez de usar os dados apenas para nos tornarmos mais eficientes, argumentamos que podemos usá-los para nos tornarmos mais humanos e nos conectarmos conosco e com os outros em um nível mais profundo." (LUPI e POSAVEC, 2016, p.11). Ainda

⁶ Mais informações sobre o projeto Dear Data estão disponíveis no site: <http://www.dear-data.com/theproject>

que não seja um projeto feito para o campo da arte, ele foi reconhecido como tal, por sua delicadeza, poesia e subjetividade.

A partir desses três exemplos é possível perceber a diversidade de produções presentes no campo da *data art*. Além desses casos, existem também muitos outros que se utilizam de materialidades diferentes das apresentadas aqui, com o uso de sons, seres vivos, textos, roupas, entre outros. O que se torna evidente é que não existe um método específico para fazer arte com dados e sim diversas técnicas criativas que podem ser utilizadas na tradução de dados em visualizações artísticas.

3. Estudo de obras similares

O ser humano sempre teve necessidade de viver em comunidade, o que significa que ele teve que desenvolver diferentes formas de se comunicar entre si (AGOSTINHO, 2017). De acordo com Lupton e Phillips (2008, p. 8), foram em instituições como a Bauhaus que começaram a falar de design enquanto “linguagem da visão”. Nessas instituições, iniciou-se então a tentativa de criar uma linguagem visual que fosse perceptível e comum a todos.

A linguagem visual é um campo ambíguo, sujeito a subjetividade dos indivíduos. Ao sistema básico para aprendizagem, identificação, compreensão e criação de mensagens visuais se dará o nome de literacia visual (DONDIS, 2007). Ela é outro fator essencial para compreender a visualização de dados e servirá como base para realizar um estudo de obras similares à que se pretende desenvolver no projeto.

Análise de similares é um termo que aparece na literatura de design e ergonomia sob diversas nomenclaturas. O uso de termos como "análise da concorrência", "análise de competidores" (*competitor analysis*), "análise competitiva" (*competitive analysis*) ou "análise paramétrica de similares" são comuns. Normalmente, ela se refere ao processo de caracterização e avaliação dos produtos concorrentes (PADOVANI; SPINILLO; GOMES, 2009). No entanto, é importante ressaltar que, nesse contexto, não estamos nos referindo a essa abordagem, uma vez que o foco desse projeto não é mercadológico, e sim artístico. Por conta disso, se atribuiu a terminologia de "estudo" ao invés de "análise" a essa seção.

Dessa forma, será realizado um estudo de obras similares para identificar aspectos visuais e projetuais desejáveis e desfavoráveis, expandir a base de conhecimentos na área e compreender boas práticas no desenvolvimento de obras de *data art*. Como não se trata de uma análise de similares tradicional, se faz necessário estabelecer critérios de avaliação próprios, se baseando em metodologias já existentes. Assim, a partir do estudo de obras semelhantes anteriores, espera-se ampliar o repertório estético, descobrir abordagens inusitadas e se inspirar para desenvolver novas ideias.

3.1. Critérios de avaliação

Os três critérios escolhidos para fazer a avaliação de quatro obras que se relacionam com o tema da poluição atmosférica são: 1. Representação de dados 2. Expressão artística 3. Narrativa. O primeiro, representação de dados, se refere a capacidade da obra de apresentar os dados de forma inteligível ao público. Já o segundo, expressão artística, diz respeito à forma como a obra é executada e ao potencial que ela possui de provocar emoções nos observadores. Em seguida, a narrativa, concerne a capacidade da obra de contar ao público uma história. É evidente que em alguns desses critérios possuem elementos subjetivos, que variam de indivíduo para indivíduo, de forma que aqui será feito um julgamento com base na minha percepção.

3.2. Plastic Air

Plastic Air⁷ é uma visualização artística interativa desenvolvida por Giorgia Lupi em colaboração com o Google Arts & Culture Lab. A obra conta a história do destino do plástico descartado, que se degrada em pedaços menores, chamados microplásticos, e acabam no ar que respiramos.

Figura 18 - Plastic Air (2021), Giorgia Lupi



Fonte: Site Experiments with Google

⁷ A obra Plastic Air está disponível no link: <https://artsexperiments.withgoogle.com/plasticair/>

Essas pequenas partículas de plástico não são visíveis, mas estão sempre presentes na atmosfera e ficarão lá por muito tempo. Assim, o objetivo da visualização é sensibilizar as pessoas do impacto que os microplásticos têm sobre o meio ambiente e também sobre a saúde dos indivíduos.

A obra é interativa, o que proporciona ao usuário a possibilidade de explorar diversos componentes da visualização, como condições atmosféricas, temporais e espaciais, que modificam os dados que estão sendo mostrados. Por exemplo, quando chove, é comum que haja mais microplásticos no ar, de modo que na visualização isso significa um número maior de partículas. Além disso, a obra possui diversos textos e legendas que explicam a questão que está sendo tratada pela artista. De certa forma, é a partir da interação que o usuário vai gradualmente compreendendo a visualização. Primeiro, o usuário é convidado a produzir lixo com um clique do mouse. Em seguida, ao clicar em um botão *toggle*, ele ativa a visualização dos microplásticos resultantes do lixo que produziu.

Em relação aos critérios de avaliação, a obra cumpre quase todos eles com excelência. Ela representa bem os dados, a narrativa é estabelecida de forma que a obra conta uma história e a intenção da artista, de sensibilizar pessoas sobre o destino do seu lixo, é clara e provocativa. Nesse sentido, o único critério de avaliação que não atingiu seu potencial máximo foi a expressão artística. É plausível que isso ocorra porque a obra parece estar mais no campo da visualização de dados experimental do que no das artes. Nesse sentido, a adição de diversas legendas na tela para facilitar a compreensão do público dos dados apresentados acaba reforçando o caráter informativo da obra, em detrimento de uma abordagem mais artística, que parece não ser o objetivo.

3.3. Particle Falls

Particle Falls⁸ é uma visualização em tempo real de dados de qualidade do ar criada pela artista de mídia digital Andrea Polli. A instalação foi projetada na parede do Teatro Wilma, na Filadélfia. Partículas amarelas emergem em um fundo azul, que se assemelha a uma cachoeira, representando a presença de material particulado no ar, detectado por um instrumento chamado nefelômetro. O aumento da presença do

⁸ Mais informações sobre a obra Particle Falls estão disponíveis no link: <https://www.sciencehistory.org/sensing-change-particle-falls/>

amarelo indica uma maior concentração de partículas. A imagem é atualizada com novos dados de partículas a cada 15 segundos. Assim, a obra possui um objetivo similar ao deste projeto: ela busca promover a sensibilização acerca da poluição atmosférica.

Figura 19 - Particle Falls (2013), Andrea Polli.



Fonte: Site Science History Institute

No que diz respeito aos critérios de avaliação, a obra é bem sucedida na representação de dados. Contudo, é necessário um auxílio textual para entender o que ela está representando. Isso ocorre em partes porque o recurso visual utilizado se distancia do tema da poluição atmosférica, sendo uma figura abstrata. Como consequência, a narrativa e a expressão artística não atingem seu total potencial sem o apoio textual. Entretanto, com o auxílio textual a obra se fortalece e consegue atender a esses critérios com tranquilidade.

3.4. The Haze

The Haze⁹ ("A Névoa" em português) é uma obra criada pelo artista Yang Shiqi que também aborda o problema da poluição atmosférica, mas no contexto da China, que possui níveis de poluição mais elevados. Assim como a obra anterior, o objetivo aqui é sensibilizar sobre os impactos da poluição na saúde pública. A obra é uma videoarte onde a figura de uma cabeça se torna gradualmente mais sufocada por

⁹ A obra The Haze está disponível no link: <https://infopoetry.densitydesign.org/infopoetries/the-haze>

filmes plásticos com o passar dos anos, representando o aumento da poluição do ar. O plástico simboliza a névoa causada pela poluição, também chamada de smog fotoquímico, que prejudica a respiração e a visibilidade dos indivíduos. No canto inferior esquerdo, o artista incluiu uma legenda com o ano e os níveis médios de material particulado no ar em Pequim.

Figura 20 - The Haze (2018), Yang Shiqi.



Fonte: Site Infopoetry

Essa obra é um ótimo exemplo de como um recurso visual bem elaborado pode estabelecer de imediato uma conexão com a narrativa. Além de utilizar o ar como movimento no vídeo, ao olhar para esse rosto coberto pelo plástico somos rapidamente convocados a pensar na ideia de sufocamento. Assim, os critérios tanto de narrativa quanto de intenção do artista são cumpridos. Os dados são representados de forma simples, e a quantidade de legenda é adequada para representá-los sem ser excessiva. Logo, nesse caso as legendas não interferiram na expressão artística, de forma que esse critério também é bem executado.

3.5. Dustmark (Staubmarke)

Dustmark¹⁰ ("Marcas de poeira" em português) é uma intervenção urbana desenvolvida por Dietmar Offenhuber para o Festival Drehmoment em Stuttgart, uma cidade que, como diversos centros urbanos, é afetada pela poluição no ar. O projeto visualiza a poluição do ar ao chamar a atenção para a pátina nas superfícies da cidade. As marcas de poeira são executadas como grafites reversos, tornando a

¹⁰ Mais informações sobre a obra Dustmark estão disponíveis em: <https://offenhuber.net/project/staubmarke-dustmark/>

poluição acumulada visível ao removê-la parcialmente. Assim, o projeto transforma algo que era apenas um conceito abstrato em algo físico, destacando a poeira como um material. Nos meses seguintes, o grafite reverso desaparecerá, à medida que nova poeira se acumulará nas áreas limpas por ele. Abaixo dos grafites é disponibilizada uma legenda com quantidade de material particulado presente na região e o link do site sobre o projeto.

Esse projeto é uma visualização autográfica (*autographic visualization*), conceito desenvolvido por Offenhuber que visa aproximar os dados do mundo material, em vez de mostrá-los como abstratos e simbólicos. Os processos de design da visualização autográfica buscam criar condições que permitam que os fenômenos materiais se revelem como traços físicos. Em outras palavras, em vez de mapear dados em variáveis visuais, o designer define as condições que permitem que um traço surja. Um traço não representa nada, ele simplesmente se apresenta. Isso é o que a palavra autográfica significa: auto-inscrição. Ou seja, o fenômeno se torna sua própria visualização (OFFENHUBER, 2020).

Figura 21 - Dustmark (2018), Dietmar Offenhuber.



Fonte: Site Offenhuber.net

De forma geral, este projeto atende com maestria aos critérios de avaliação estabelecidos. Assim como em "Particle Falls" se vê a necessidade de uma legenda, pois talvez o público leigo não entenda imediatamente o significado de "PM 2,5 18

$\mu\text{g}/\text{m}^2$ ". Contudo, a narrativa se torna clara através do acesso ao site. Além disso, ao contrário de "Particle Falls", o recurso visual utilizado neste projeto se aproxima mais do assunto discutido. O artista convida os transeuntes a refletirem sobre o local que eles passam diariamente mediante a uma intervenção que se utiliza de dados reais, apesar de efêmeros, para provocar essa sensibilização. Desse modo, a representação dos dados, a intenção do artista e a expressão artística são bem executadas neste projeto.

3.6. Considerações

Nesse contexto, a análise dessas obras permite que se tire algumas conclusões importantes. Em primeiro lugar, para que o público compreenda os dados presentes em uma visualização artística é essencial que a obra tenha uma legenda. No entanto, é necessário cautela, pois o uso excessivo de apoio textual pode interferir negativamente na expressão artística do projeto. Em segundo lugar, a escolha do recurso visual é significativo, pois ele pode ajudar o público a compreender a narrativa sem que seja necessária muita informação textual. Em terceiro lugar, é interessante notar que duas dessas obras escolheram realizar a intervenção artística nas ruas. A escolha desse local é justificada, já que as emissões veiculares são um dos maiores responsáveis pelo aumento da poluição atmosférica nas cidades (IEMA, 2021). Por último, a análise dessas obras evidencia que a questão da poluição atmosférica é um problema global, sensibilizando artistas de diversas partes do mundo, como China, EUA e Alemanha.

Por meio dessas obras é possível observar a diversidade presente no campo do *data art*. Existem várias formas de criar visualizações artísticas de dados, como esculturas de dados, videoarte, grafites, visualizações digitais, projeções em prédios, entre outras. Os dados podem ser capturados durante a execução da obra, como em Dustmark, ou em tempo real, como em Particle Falls, ou ainda usando um banco de dados fixo, como em The Haze e Plastic Air. As possibilidades são vastas, a criatividade é o limite.

Por fim, é importante ressaltar que a avaliação dessas obras não tem a intenção de desvalorizar nenhuma delas, pois a arte é subjetiva. A análise é feita com base em critérios específicos criados para esse projeto, que busca encontrar um equilíbrio

delicado entre aspectos informativos e aspectos artísticos. A parte mais desafiadora desse processo será justamente balancear os elementos artísticos com os elementos de visualização, uma vez que, como observado nessas obras, algumas acabam por enfatizar mais um ou outro.

4. O Escopo

4.1. Questões centrais

Nessa seção, nos aprofundamos em dois temas essenciais para definir o escopo do projeto: a fisicalização e a poluição atmosférica. A arte de dados física ou fisicalização, envolve a materialização de dados no mundo físico, enquanto a poluição atmosférica é um problema ambiental que tem se tornado progressivamente mais preocupante. Assim, ao explorar a interseção entre esses dois temas, buscamos compreender como a fisicalização de dados pode ser uma ferramenta eficaz para aumentar a sensibilização do público sobre a poluição do ar e seus impactos socioambientais.

4.1.1. Poluição atmosférica

A poluição atmosférica é um dos problemas ambientais mais preocupantes enfrentados pela sociedade moderna. Ela é originada principalmente por fontes antrópicas, como indústrias, agricultura, emissões veiculares e geração de energia. Contudo, também pode ser causada em menor escala por fontes naturais como poeira do deserto, sal marinho, emissões de enxofre vulcânico e orgânicos liberados pela vegetação. Em geral, a qualidade do ar de um determinado local irá variar segundo a proximidade dos emissores de poluentes, as condições meteorológicas e a topografia da região (IEMA, 2022).

O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. Considera-se poluente qualquer substância que, pela sua concentração, possa torná-la nociva ou ofensiva à saúde, causando inconveniente ao bem-estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora. Por conta da grande variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera, se estabeleceu uma classificação separando os poluentes em duas categorias: poluentes primários e secundários. Os poluentes primários seriam aqueles propagados diretamente pelas fontes de emissão. Já os secundários seriam poluentes formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera.

A presença desses poluentes na atmosfera tem uma série de impactos negativos na saúde humana, nos ecossistemas naturais e no clima global. Os principais impactos incluem o aumento de doenças respiratórias, como asma e bronquite, especialmente em crianças e idosos. Além disso, a poluição do ar também está relacionada ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares e câncer de pulmão (IEMA, 2014). Já nos ecossistemas, ela pode causar a acidificação do solo e da água, afetando a vegetação e a vida aquática. Em termos climáticos, a poluição atmosférica contribui para o aquecimento global, ao aumentar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4). Esses impactos ressaltam a importância de se buscar soluções para reduzir as emissões e melhorar a qualidade do ar que respiramos.

No Brasil os poluentes primários de mais importância presentes na atmosfera são o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o dióxido de enxofre (SO_2), o ozônio (O_3), a fumaça e os materiais particulados (PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$) por conta de seus impactos em nossa saúde (MARQUES et al., 2020). O Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar da Prefeitura do Rio de Janeiro (MonitorAr-Rio) monitora todos esses poluentes e também os hidrocarbonetos (HC) em algumas estações.

Figura 22 - Quantidade de estações de monitoramento do ar no Brasil (2021)



Fonte: Compilação do autor

Atualmente, o Rio de Janeiro, que foi o estado selecionado para a execução do projeto, possui a maior cobertura de monitoramento do Brasil, com 125 estações de monitoramento. Contudo, o mesmo não pode ser dito de diversos estados do país, principalmente na região Norte, onde não há estações de monitoramento do ar em nenhum estado (IEMA, 2022).

4.1.2. Fisicalização

A fisicalização ou arte de dados física (FREEMAN, 2018) é uma subárea da visualização artística que envolve a materialização de dados no mundo físico, seja por meio de esculturas ou joias, instalações, pinturas, grafite, entre outros (KOSMINSKY et al., 2019). Alguns autores utilizam termos mais específicos para descrever obras desse meio, como *data sculpture* (escultura de dados) (ZHAO e MOERE, 2008) e *data craft* (artesanato de dados) (THUDT; HINRICHES; CARPENDALE, 2017), entretanto aqui será utilizado o termo fisicalização para abordar qualquer obra de dados que seja parte do mundo físico. Uma de suas representantes mais populares é Nathalie Miebach, artista anteriormente citada que realiza esculturas a partir de dados meteorológicos.

Para o designer e pesquisador Andrew Vande Moere, a fisicalização pode ser definida como um mapeamento e materialização de dados abstratos em artefatos físicos (MOERE, 2008). Além de suas qualidades físicas, esse artefato é funcional já que pode aumentar a compreensão do público sobre os dados, transmitindo *insights* (ZHAO e MOERE, 2008). Deborah Lupton também parece acreditar que há um diferencial em transpor dados para o mundo físico. Segundo a autora, a fisicalização pode levar o observador a “sentir os dados” ao interagir com objetos tridimensionais, provocando respostas viscerais a partir do encontro físico com os dados (LUPTON, 2017).

A fisicalização também se distingue da visualização tradicional de outra forma: os objetos físicos possuem *affordance* (ZHAO e MOERE, 2008). O conceito de *affordance* ou *pregnância* é um conceito desenvolvido por Donald Norman que diz respeito à capacidade dos objetos de expressar sua funcionalidade intuitivamente, sem necessidade de uma explicação prévia (NORMAN, 2006). Para Zhao e Moere, na fisicalização a *affordance* funciona como um indicador visual, já que ela tem a

capacidade de transmitir informações. Assim, a fisicalização atua como uma externalização de dados, pois visa cativar a imaginação e a reflexão do público por meio de suas qualidades funcionais e artísticas.

4.1.3. Definição do escopo

Logo, a partir do referencial teórico, do aprofundamento em artigos científicos, brainstorms e encontros de orientação foi estabelecido um escopo inicial para a realização do projeto. Primeiro, foi determinado o tema do projeto: poluição atmosférica. Em seguida, foi realizada uma pesquisa ampla para entender mais sobre o tema. Foi assim que se descobriu a base de dados do Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar da Prefeitura do Rio de Janeiro (MonitorAr-Rio), disponível gratuitamente na web. Após essa etapa, foi feito um estudo de obras similares para compreender boas práticas no desenvolvimento de obras de *data art*. A partir desse estudo, se observou a diversidade de tipos de obras presentes no campo do *data art* e se optou por seguir o caminho da fisicalização, já que ela possui qualidades tangíveis e sensoriais que podem ampliar a experiência do público e potencializar a reflexão acerca do tema da poluição atmosférica. Com base nisso, os próximos passos serão orientados a explorar esses dados e desenvolver a obra de arte física. Acredita-se que essa abordagem artística, aliada à fisicalização de dados, pode contribuir significativamente para a disseminação de conhecimento e engajamento em relação a essa questão crucial.

4.2. Metodologia

Para realizar esse projeto será utilizado a metodologia proposta por Ben Fry (2004), que busca facilitar o manuseio de dados e destrinchar o processo feito em muitos projetos de *dataviz*. Para ele, o desenvolvimento de visualizações requer conhecimento de diversas áreas, mas a falta de clareza sobre como essas áreas se relacionam pode prejudicar o andamento do projeto. Visando simplificar essa questão, Fry propõe um modelo que busca esclarecer a contribuição de cada área e como elas se integram ao longo do desenvolvimento de um projeto de visualização de dados.

Assim, ele divide esse processo em sete etapas: adquirir (*acquire*), analisar (*parse*), filtrar (*filter*), extrair (*mine*), representar (*represent*), refinar (*refine*), interagir

(*interact*). Cada uma dessas etapas está relacionada a um campo diferente do conhecimento, como ciência da computação, matemática ou design gráfico.

Figura 23 - Modelo proposto por Ben Fry (2004)



Fonte: Livro Computational Information Design

Para o autor, essas etapas fazem parte de um ciclo e são indissociáveis, já que cada etapa do modelo depende dos resultados da etapa anterior. Essas interconexões reforçam a importância de visualizações serem tratadas como uma solução integrada, e não como pequenos casos isolados que podem ser resolvidos separadamente.

No caso desse projeto, a primeira etapa, adquirir, já foi feita por terceiros, visto que os dados utilizados foram coletados pelo MonitorAr-Rio. Após essa etapa, virá o momento de explorar e transformar esses dados, com as etapas analisar, filtrar e extrair. Em seguida, será necessário gerar formas de representar esses dados transformados, através da codificação visual e da prototipação. Depois, será preciso selecionar as melhores visualizações e refiná-las. Por último, viria a etapa de interação, mas como a obra não é interativa, ela será apenas exposta ao público. Após a exibição, serão conduzidas entrevistas para avaliar o impacto do projeto. Nesse sentido, é preciso pontuar que apesar do projeto não cumprir a etapa de interação exatamente como foi estipulada na metodologia, o esforço em realizar entrevistas pode ser visto como uma busca pela compreensão da dinâmica estabelecida entre o público e a obra, proporcionando insights valiosos sobre como os indivíduos percebem e interagem com os dados apresentados.

5. A Experiência

Nesta seção do projeto onde irei relatar a parte prática optei por utilizar a primeira pessoa em alguns trechos devido à própria natureza da experiência, que envolve a criação e montagem, e, portanto, é intrinsecamente pessoal. A perspectiva pessoal é essencial para descrever com precisão o processo criativo, as decisões artísticas e as reflexões que guiaram o desenvolvimento da obra. Esse formato permite uma narrativa mais direta, proporcionando ao leitor uma compreensão profunda do meu envolvimento e das experiências vivenciadas durante a execução do projeto.

5.1. Descoberta de dados

Os dados não são neutros, são construções humanas. Eles existem dentro de infraestruturas de conhecimento que governam como são criados, gerenciados, usados e interpretados (BORGMAN, 2019). O que será coletado e o que não será é decidido por pessoas que possuem poder e influência suficientes para atuar dentro dessa estrutura, uma vez que a coleta de dados, na maioria das vezes, depende de algum financiamento. Não é à toa que, no Brasil, a maioria das estações de monitoramento do ar se concentra no Sudeste. Assim, é importante sempre se perguntar a quem interessa esses dados (D'IGNAZIO, 2018).

Outro problema relacionado aos dados no país é a manutenção de seu armazenamento. Os dados possuem um ciclo de vida, e caso não haja esforços para mantê-los, eles se extinguem. Os registros digitais e físicos exigem gerenciamento ativo, o que significa que, se um conjunto de dados está em um formato defasado, é necessário migrá-lo para um novo local. Na falta desses investimentos em curadoria e preservação, os dados desaparecem por negligência, benigna ou não, à medida que a mídia de armazenamento falha e os arquivos acumulam poeira (BORGMAN, 2019).

Além disso, embora existam diversos institutos respeitados que realizam a coleta e a manutenção de dados, como o IBGE, algumas dessas organizações não disponibilizam seus dados de forma aberta e gratuita, o que impossibilita o uso por terceiros. Apesar dessa dificuldade, a legislação brasileira prevê com a Lei de Acesso à Informação (LAI) que os órgãos e entidades públicas disponibilizem seus

dados de forma aberta. Infelizmente, muitos sites de órgãos governamentais se encontram desatualizados, possuem mecanismos de navegação confusos ou não disponibilizam seus dados em formatos acessíveis para *download*. Pensando nessa questão, o cientista britânico Tim Berners-Lee formulou um sistema de classificação chamado "5-star Open Data" para encorajar a sociedade, especialmente os responsáveis por dados governamentais, a abrirem seus dados. O sistema ajuda a diagnosticar o nível de abertura de dados dos órgãos públicos e fornece etapas claras para alcançar níveis cada vez mais refinados de dados abertos.

Durante a fase de descoberta de dados, me concentrei nessas questões e enfrentei diversos desafios, como a dificuldade de conseguir os dados de poluição atmosférica do estado do Rio de Janeiro. Ainda que o estado possua a maior cobertura de dados do país, segundo o sistema de classificação de Berners-Lee a maioria dos banco de dados encontrados receberia apenas uma estrela, já que eles não estão disponíveis de forma estruturada para *download*. Após uma extensa pesquisa, consegui acessar os dados da série histórica de 2012 a 2021 da rede MonitorAr-Rio disponibilizada pelo DATA.RIO, plataforma de dados gratuitos e abertos da cidade do Rio de Janeiro.

5.1.1. Sobre o banco de dados

O banco de dados conta com os valores dos poluentes medidos por hora de oito estações municipais fixas de monitoramento da qualidade do ar. As estações estão espalhadas por diversos pontos da cidade: Centro, Copacabana, São Cristóvão, Tijuca, Irajá, Bangu, Campo Grande e Pedra de Guaratiba. Os poluentes medidos são monóxido de carbono (CO), o metano (CH₄), os óxidos de nitrogênio (NO, NO₂, NOX), o dióxido de enxofre (SO₂), o ozônio (O₃), a fumaça e os materiais particulados (PM10 e PM2.5) e hidrocarbonetos (HC, HCNM). No entanto, alguns desses poluentes deixaram de ser mensurados ao longo dos anos. Atualmente, os únicos poluentes medidos em todas as estações são o ozônio (O₃) e o material particulado com diâmetro inferior a 10 micrômetros (PM10).

Figura 24 - Relação poluentes por estação

Centro (CA)	O ₃ , CO, PM ₁₀
Copacabana (AV)	O ₃ , CO, PM ₁₀ , SO ₂
São Cristóvão (SC)	O ₃ , CO, PM ₁₀ , SO ₂
Tijuca (SP)	O ₃ , CO, PM ₁₀ , SO ₂ , NO _x
Irajá (IR)	O ₃ , CO, PM ₁₀ , SO ₂ , NO _x , HC, PM _{2.5}
Bangu (BG)	O ₃ , CO, PM ₁₀ , SO ₂ , NO _x , HC
Campo Grande (CG)	O ₃ , CO, PM ₁₀ , SO ₂ , NO _x , HC
Pedra de Guaratiba (PG)	O ₃ , PM ₁₀

Fonte: Compilação do autor

Além dos dados relacionados aos poluentes, as estações de monitoramento também coletam dados meteorológicos relativos ao momento em que a mensuração é realizada. Esses dados meteorológicos incluem: velocidade do Vento [m/s], direção do Vento [°], radiação Solar [w/m²], precipitação Pluviométrica [mm], umidade Relativa do Ar [%], temperatura [°C], pressão Atmosférica [mbar]. A coleta de dados meteorológicos é importante, já que as condições climáticas têm influência direta na dispersão da poluição e nas reações químicas entre poluentes. Por último, o banco de dados conta também com a informação da latitude e longitude exata das estações de monitoramento.

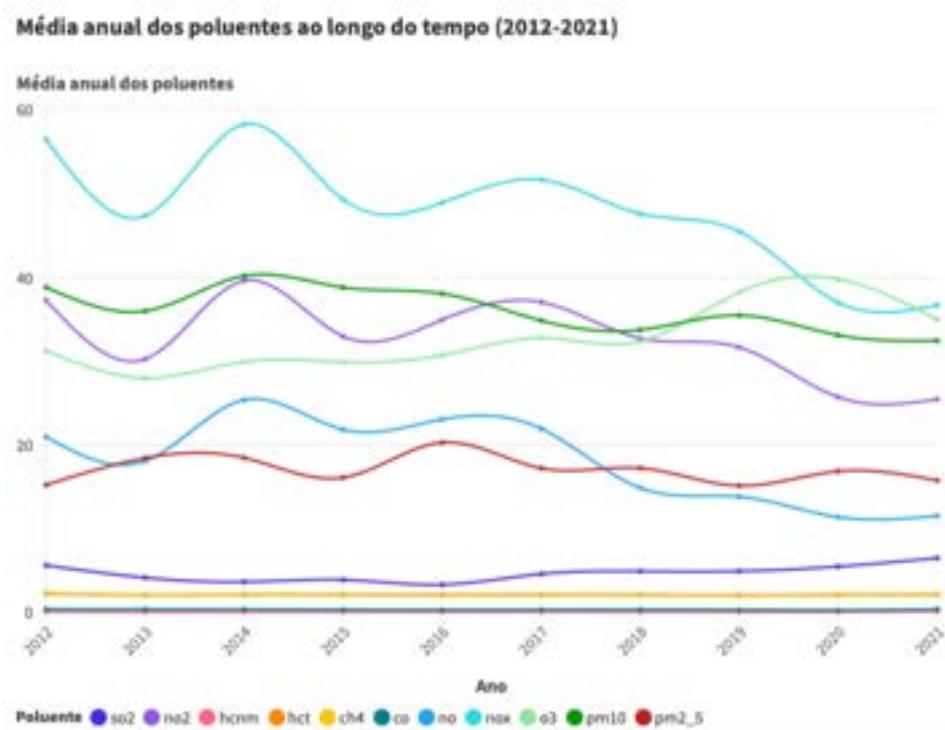
5.1.2. Primeiras visualizações

O primeiro passo na jornada de descoberta de dados foi definir exatamente o que se queria saber. Como elucidado por Fry (2004) a escolha da pergunta é um momento importante em um projeto de visualização de dados, e quanto mais específica for essa pergunta mais claro será o resultado visual. Contudo, neste estágio inicial do projeto, eu não possuía entendimento completo do banco de dados, por conta de sua grande extensão, com 11 poluentes, 24 medições diárias coletadas ao longo de 365 dias, totalizando nove anos de registros. Assim, nesse primeiro momento o meu foco foi entender o panorama que aqueles dados forneciam sobre a situação da poluição atmosférica no Rio de Janeiro.

Logo, para conceber essa visão geral dos dados fiz perguntas que visavam entender como a concentração de poluentes na atmosfera variava ao longo do tempo. As perguntas levantadas foram: "Como a poluição variou nos últimos nove anos no município do RJ?", "Como a concentração de O₃ variou nas estações nos últimos nove anos no município do RJ?", "Como a concentração de PM10 variou nas estações nos últimos nove anos no município do RJ?" e "Como a concentração de CO variou nas estações nos últimos nove anos no município do RJ?".

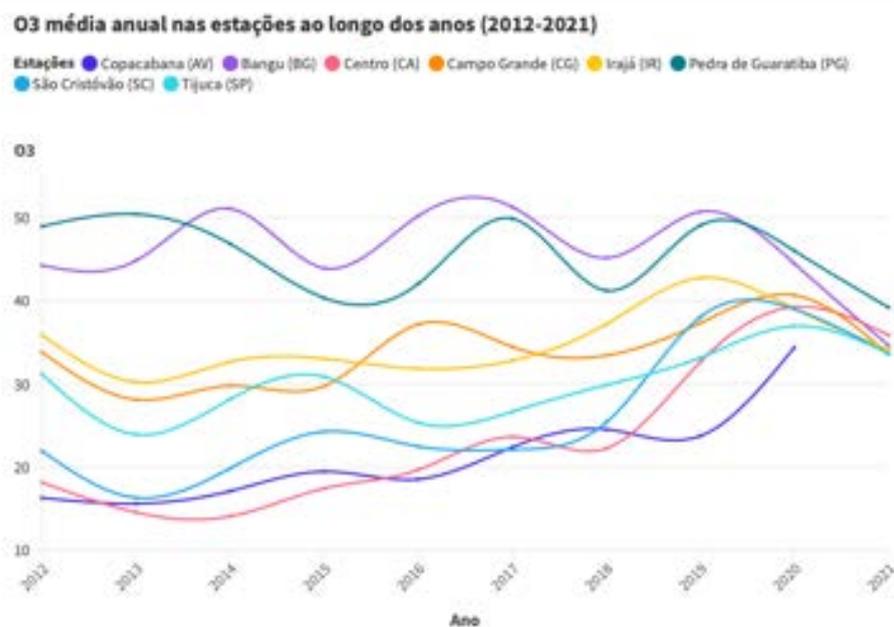
Essas perguntas iniciais resultaram em gráficos de linha, feitos com o Flourish, uma ferramenta online que cria gráficos interativos. Optei por retratar os poluentes O₃, PM10 e CO, pois esses são medidos em quase todas as estações. Para criar esses gráficos, filtrei os dados, calculei a média anual de todos os poluentes e a média anual dos poluentes por estação. Essa parte do projeto pode ser considerada a etapa "analisar" da metodologia de Fry. A visualização preliminar dos dados foi uma forma de análise escolhida nesta etapa de descoberta dos dados, pois esses recursos possuem maior afinidade à prática do designer que trabalha com dados.

Figura 25 - Média anual dos poluentes ao longo dos anos (2024)



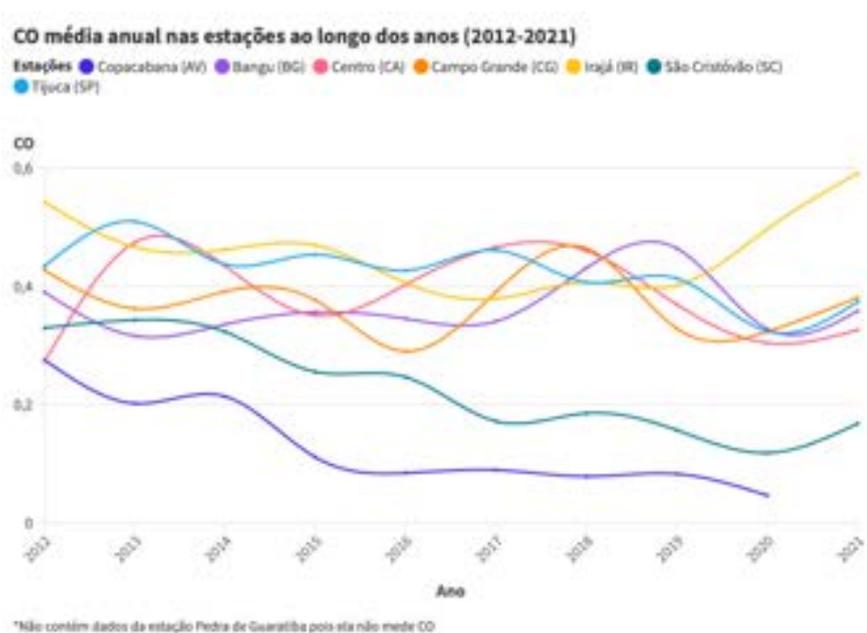
Fonte: Compilação do autor

Figura 26 - Média anual do O₃ nas estações ao longo dos anos (2024)



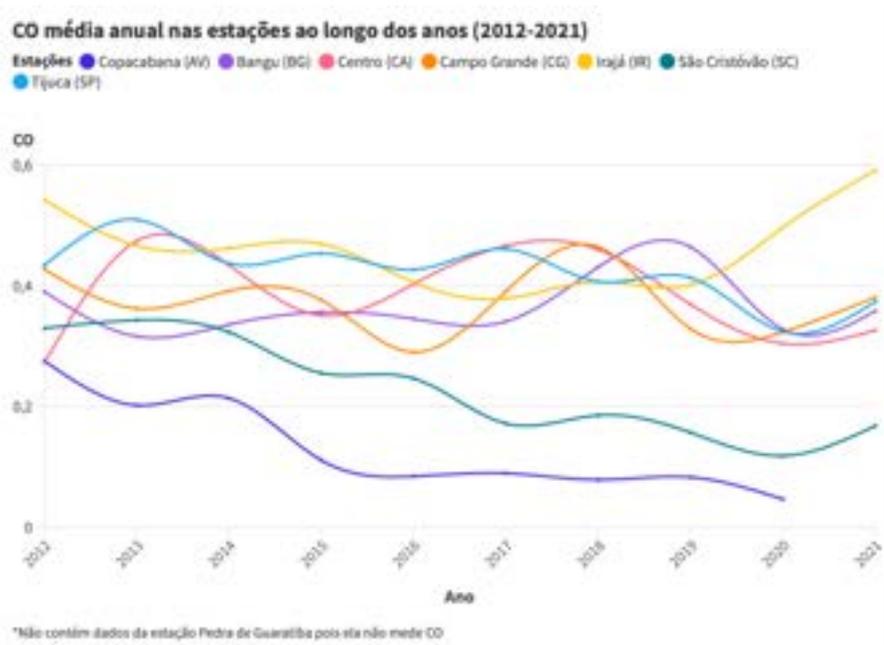
Fonte: Compilação do autor

Figura 27 - Média anual do CO nas estações ao longo dos anos



Fonte: Compilação do autor

Figura 28 - Média anual de PM₁₀ nas estações ao longo dos anos (2024)



Fonte: Compilação do autor

A partir dessas visualizações, percebi uma questão relacionada ao banco de dados em si, que é a existência de alguns "apagões de dados" súbitos, ou seja, dias sem medições que resultam em espaços vazios na tabela. Por exemplo, a estação de Copacabana em 2021 não teve medições registradas. Não é possível determinar os motivos dessas inconsistências. No entanto, dado o volume de dados presente no banco de dados, esses apagões não têm um grande impacto na visualização geral.

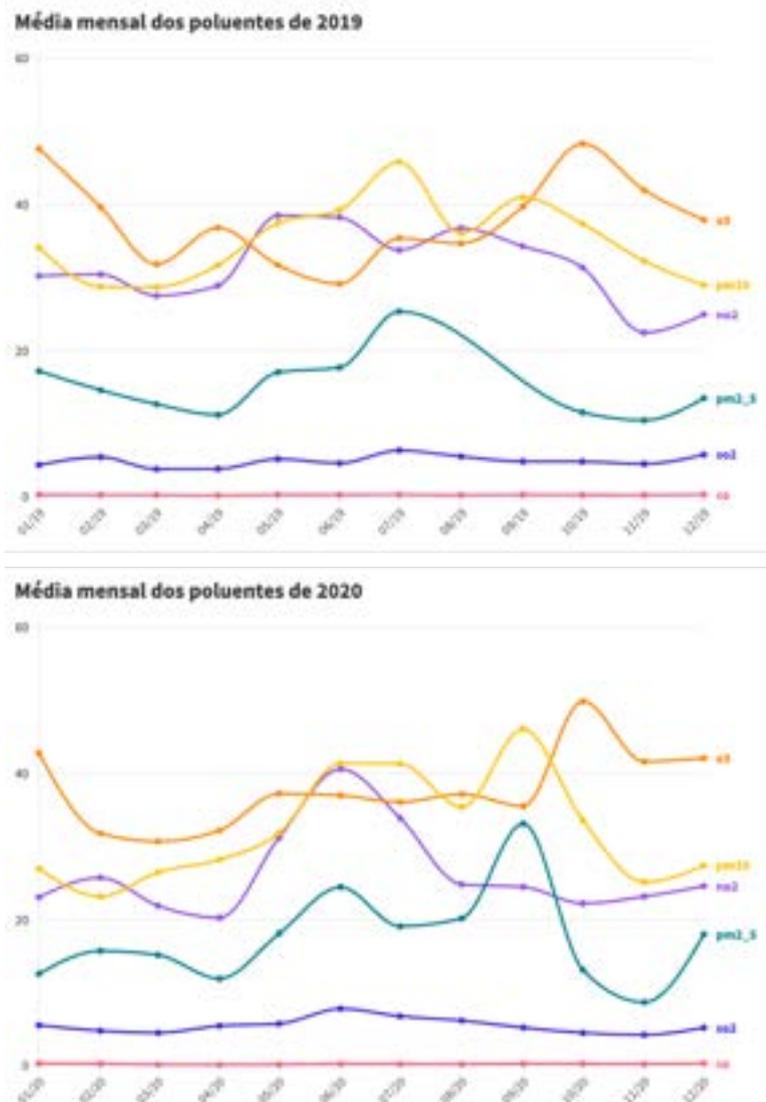
Além disso, com base nas visualizações surgiram alguns *insights* relativos aos dados. O primeiro deles é que o ozônio é o único poluente cuja concentração na atmosfera parece estar aumentando progressivamente nos últimos anos, sem haver uma queda considerável. Outra observação interessante é a percepção do impacto do período de maior isolamento social na pandemia nos poluentes. Em 2020, especificamente, seis dos onze poluentes diminuíram significativamente. Ainda em relação a esse tema, em 2020 na estação do centro da cidade foi registrada a menor média dos últimos nove anos para o poluente PM10. A concentração desse poluente na atmosfera está diretamente relacionada às emissões veiculares. Nesse sentido, é possível supor que ambos fatores estejam relacionados, ou seja, a diminuição de carros circulando no centro da cidade por conta da pandemia impactou a média registrada de PM10 naquele ano. Entretanto, para confirmar essa hipótese seria necessário um estudo científico aprofundado, que não é o objetivo deste trabalho. Apesar dessa ressalva, me interessei profundamente pela ideia de que de alguma

forma esses dois fatores estejam relacionados. A pandemia, com todas suas questões, nos fornece um vislumbre de como seria a realidade se a sociedade se organizasse de outra forma. Há um fascínio por essa perspectiva, de que as coisas poderiam ser diferentes. Assim, no segundo momento de análise de dados, busquei analisar os dados com o recorte da pandemia em mente.

5.1.3. A pandemia e seus impactos na poluição atmosférica

A pandemia foi um momento de suspensão da realidade, onde a vida cotidiana foi interrompida, reconfigurando as noções de espaço e tempo. Foi um período de muitas mudanças e adaptações, onde foi necessário aprender a viver de uma nova forma. Contudo, nem todos tiveram o privilégio de poder ficar em casa. No Brasil muitos trabalhadores não puderam se proteger durante a pandemia, sendo obrigados a continuar trabalhando para garantir o sustento. A política de isolamento compulsório, conhecida como *lockdown*, quando ocorreu, foi mal planejada e implementada de forma inconsistente, o que contribuiu para a propagação do vírus e resultou em um alto número de mortes evitáveis. Além disso, houve também aqueles que mesmo tendo a opção de ficar em casa, optaram por continuar saindo, muitas vezes influenciados por informações falsas e teorias anti-científicas. Esse cenário complexo dificultou a identificação de períodos em que a população estava efetivamente seguindo as recomendações da OMS de se proteger e aguardar a vacinação.

Apesar da pandemia ter tido poucos verdadeiros de *lockdown*, foi possível identificar uma queda significativa nos níveis de poluentes durante o ano de 2020. Embora esses níveis ainda sejam mais altos do que em anos anteriores, como 2017 ou 2018, em geral, 2020 apresentou concentrações menos prejudiciais de poluentes do que em 2019, principalmente nos meses de *lockdown*. Assim, ainda que não haja evidências definitivas da correlação entre os dois, é possível estipular que a pandemia de alguma forma contribuiu para a diminuição da presença desses poluentes na atmosfera.

Figura 29 - Média mensal dos poluentes de 2019 e 2020 (2024)

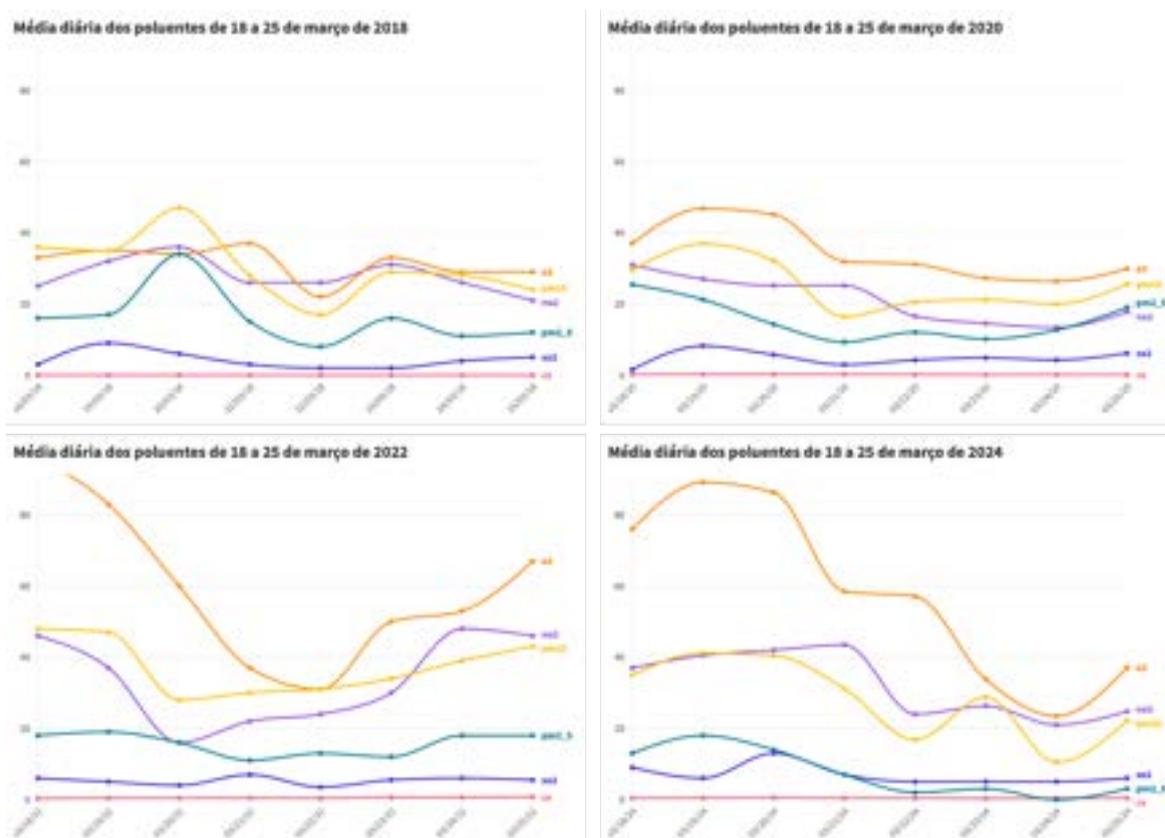
Fonte: Compilação do autor

Para ampliar o entendimento sobre o assunto, na fase exploratória dos dados, busquei encontrar um marco relevante da pandemia que se relacionasse com uma redução na concentração de poluentes. Foi assim que cheguei ao dia do decreto do estado de calamidade da pandemia do coronavírus, aprovado em 18 de março de 2020 pela Câmara dos Deputados. O mês de março marca o início da pandemia no Rio de Janeiro, onde são tomadas as primeiras medidas de contenção do vírus. Dessa forma, foi considerado interessante investigar esse mês, mais especificamente a primeira semana após o decreto do estado de calamidade.

Assim, o objetivo da segunda fase da descoberta de dados foi estabelecido: criar visualizações que comparassem os primeiros sete dias após o decreto em março de

2020, que correspondem ao período do dia 18 a 25, com os mesmos sete dias em diferentes anos. O intuito dessas visualizações é compreender o impacto do decreto do estado de calamidade e do início da pandemia nos dados de poluição atmosférica. Ademais, visando obter uma perspectiva mais atualizada foram consultados também dados adicionais fornecidos pelo Boletim Diário de Qualidade do Ar do Rio de Janeiro da Rede MonitorAr. O Boletim é emitido todos os dias e pelo site é possível navegar para ver a qualidade do ar dos dias anteriores, o que permitiu que obtivéssemos os dados dos anos de 2022 e 2024, que não estavam no banco de dados inicialmente utilizado. Nesse contexto, optei por comparar os anos de 2018, 2020, 2022 e 2024. A escolha desses anos se deve especificamente ao fato de que a partir deles é possível estabelecer uma linha temporal com uma progressão constante até o ano atual. Logo após a organização e filtragem desses novos dados, o último passo para finalizar as visualizações foi calcular a média diária tanto dos dados já obtidos no banco de dados quanto dos dados disponíveis no site do Boletim Diário de Qualidade do Ar do Rio de Janeiro, finalizando assim as etapas três ("filtrar") e quatro ("extrair") de Fry.

Figura 30 - Média diária dos poluentes do dia 18 a 25 de março de 2018, 2020, 2022 e 2024 (2024)



Fonte: Compilação do autor

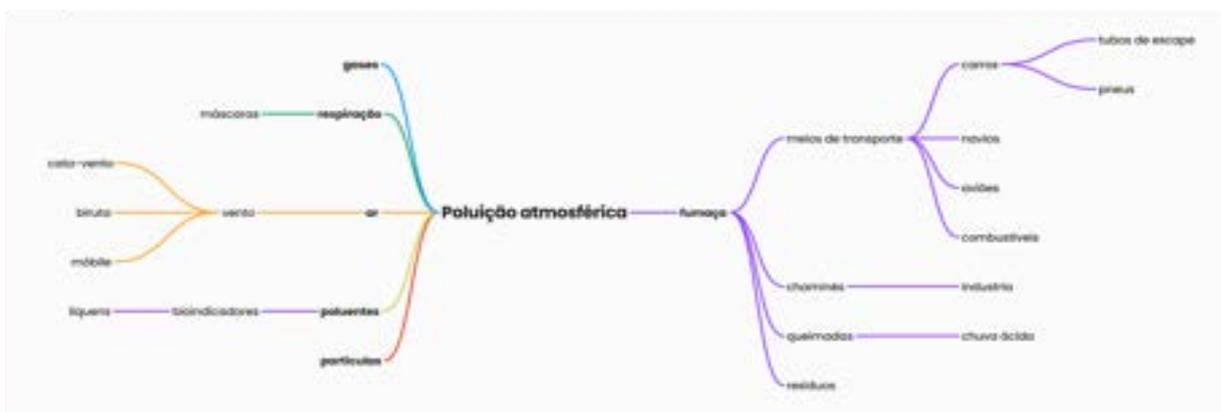
Por fim, a análise desses dados permitiu que se tirasse algumas conclusões. A primeira é que em 2020 houve uma queda na concentração de todos os poluentes na semana em que foi decretado o estado de calamidade, enquanto nos outros anos na mesma semana não é possível observar esse comportamento. A segunda observação é que 2020 e 2018 são anos com níveis mais baixos de poluentes, enquanto 2022 e 2024 contêm níveis mais altos e preocupantes. Por último, a comparação dos anos revela uma tendência de aumento na concentração de poluentes ao longo do tempo, mesmo que esses ainda não representem um risco significativo à saúde.

Durante a etapa de descoberta de dados, foi essencial compreender a complexidade e os desafios envolvidos na obtenção e análise dos dados de poluição atmosférica no Rio de Janeiro. A escolha dos dados dos dias 18 a 25 de março se mostrou estratégica, pois esse período abrangeu o momento em que foi decretado o estado de calamidade em 2020, possibilitando uma análise do impacto imediato das medidas de contenção da pandemia na qualidade do ar. Assim, para a próxima fase, onde irei produzir a fisicalização de dados, decidi utilizar o período de 18 a 25 de março dos anos de 2018, 2020, 2022 e 2024, mas limitar os dados de poluentes ao PM10, CO e O₃ por esses serem os únicos medidos em quase todas as estações, garantindo uma análise comparativa consistente. Em resumo, a etapa de descoberta de dados proporcionou *insights* valiosos sobre a disponibilidade e a qualidade dos dados de poluição atmosférica no Rio de Janeiro, fornecendo uma base sólida para a análise e visualização posterior desses dados.

5.2. Codificação visual e metáforas

A partir da definição dos dados que seriam utilizados na visualização, iniciei a etapa de representação e codificação visual, correspondente à quinta fase da metodologia de Fry. Meu primeiro passo nessa etapa foi buscar conceitos que pudessem ser utilizados como metáforas ou recursos visuais para abordar o tema da poluição atmosférica. Afinal, como já havia percebido através do estudo de obras similares as metáforas são importantes, pois proporcionam ao observador uma conexão visual com o tema, sem que seja necessário o apoio textual. Dessa forma, com o intuito de explorar o universo relacional da poluição atmosférica fiz um mapa mental.

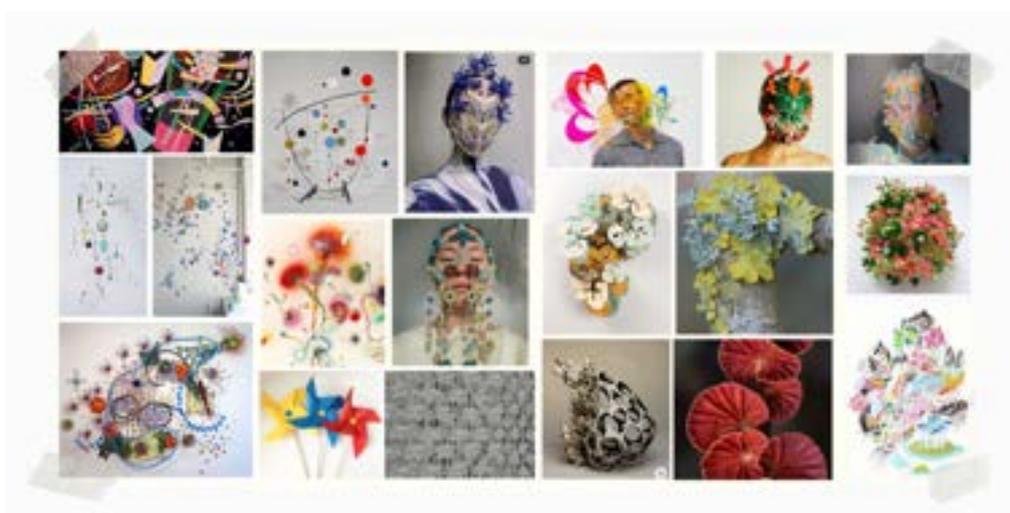
Figura 31 - Mapa mental da poluição atmosférica (2024)



Fonte: Compilação do autor

Por meio desse mapa cheguei a alguns conceitos que se conectavam com o tema e que poderiam ser transformados em fisicalizações de dados, como cataventos, móveis, tubos de escape, líquens e máscaras. Nesse momento do projeto, visando explorar essas ideias de forma visual, fiz também um moodboard.

Figura 32 - Moodboard (2024)



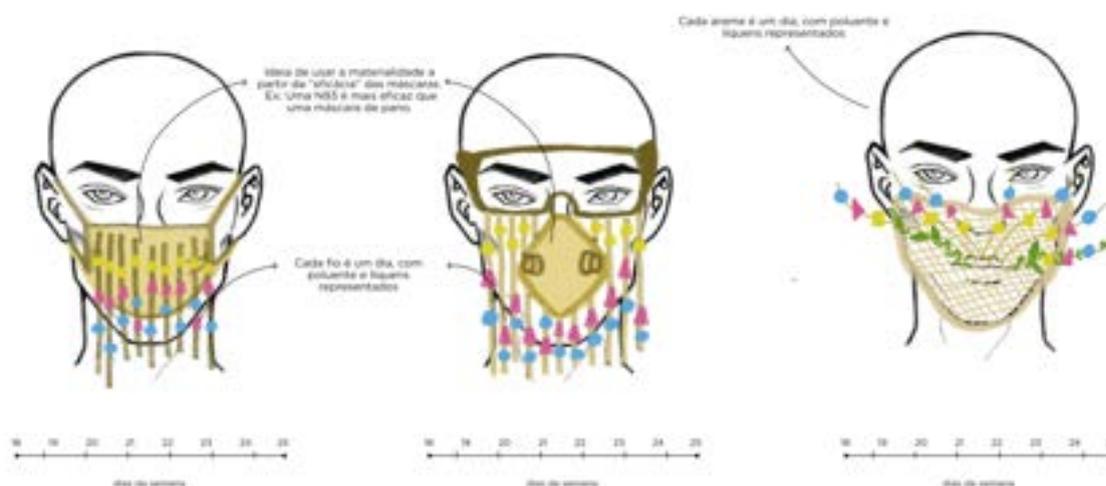
Fonte: Compilação do autor

Nesse contexto, as metáforas que mais se destacaram e provocaram boas ideias foram a dos líquens, cataventos e máscaras. Os líquens se destacaram por serem bioindicadores da qualidade do ar, ou seja, por sua presença já ser um indicador natural do baixo índice de poluição de um lugar. Já os cataventos, por sua conexão com o ar e por sua capacidade de converter a energia do vento em movimento, o que poderia adicionar uma nova dimensão à obra. Por último, a ideia das máscaras também se mostrou atrativa por inúmeros motivos. Primeiro, pelas máscaras serem

uma medida de proteção contra a poluição, pois filtram as partículas nocivas presentes no ar, o que as torna um indicador de uma péssima qualidade do ar. Segundo, porque as máscaras se tornaram um símbolo do período da pandemia, sendo amplamente utilizadas na proteção contra o vírus, inserindo-se no repertório cotidiano de muitas pessoas. Por fim, as máscaras se relacionam com o tema também de forma semântica. Por definição, as máscaras são objetos utilizados para cobrir o rosto de uma pessoa, ou seja, elas ocultam a verdadeira face de algo. De maneira semelhante, a poluição atmosférica é na maior parte das vezes invisível, pode apenas ser vista por meio de tecnologias específicas desenvolvidas com esse objetivo. Assim, a poluição parece estar sempre mascarada, escondida. Mas e se ao invés de esconder, as máscaras fossem utilizadas para revelar? Foram essas e outras reflexões que acabaram consolidando o caminho das máscaras como metáfora principal desse projeto.

Após a definição do conceito principal do projeto, dei início a produção dos primeiros esboços de codificação visual dos dados. Esses esboços resultaram em diversas ideias de máscaras, algumas que cobriam o rosto todo, outras que deixam os olhos à mostra, umas que se assemelhavam às máscaras cirúrgicas utilizadas durante a pandemia, outras com um design mais abstrato. O objetivo principal dessa fase do projeto era experimentar e identificar quais indicadores visuais poderiam melhor representar os dados selecionados.

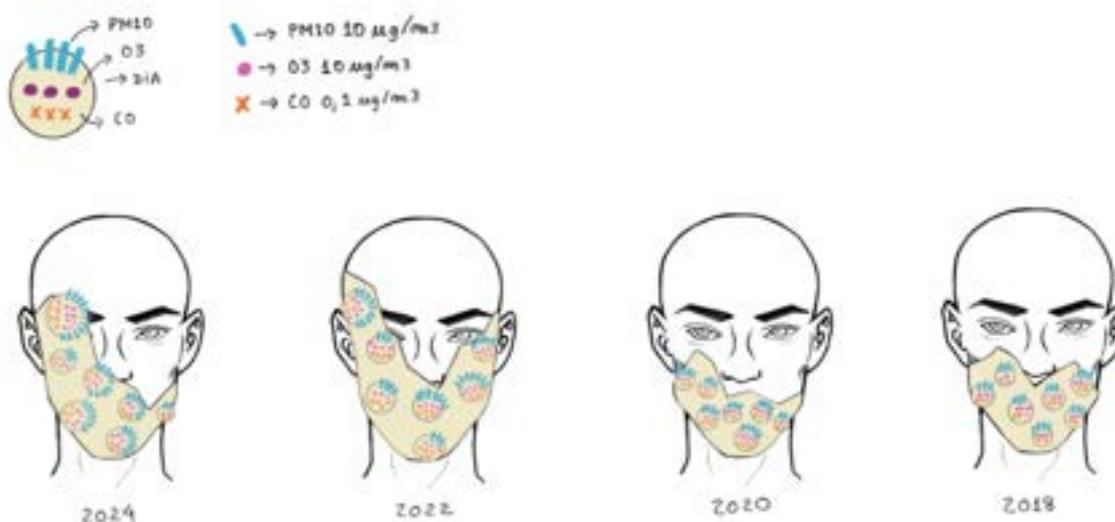
Figura 33 - Rascunhos das primeiras máscaras (2024)



Fonte: Compilação do autor

Visto que o principal foco dessa visualização dos dados é possibilitar a comparação entre as diferentes semanas dos anos, tive a ideia de fazer quatro máscaras, uma para cada ano. Além disso, precisava retratar os três poluentes escolhidos (CO, O₃ e PM10) de maneira que esses fossem facilmente diferenciáveis já que os poluentes não são partes integrantes de um todo, ou seja, não são cada um deles partes menores da poluição atmosférica. Eles são elementos completamente distintos, sem relação entre si além do fato de serem poluentes. Ao final, se alcançou um resultado que atende aos requisitos, onde uma forma maior representa cada um dos sete dias da semana. Dentro de cada dia, existem três formas menores, em cores diferentes, que representam o monóxido de carbono, o ozônio e o material particulado. O tamanho da máscara é proporcional à área do gráfico de linhas feito para cada uma das semanas (Figura 30), o que faz com que a máscara cubra uma porção maior ou menor do rosto do usuário.

Figura 34 - Esboço final das máscaras (2024)



Fonte: Compilação do autor

Nesse sentido, nos moldes descritos por Yau (2013) a visualização projetada utiliza os indicadores visuais de forma, área e matiz da cor para representar os dados. Além disso, diferente de uma visualização tradicional, os esboços desenhados não possuem um sistema de coordenadas. Os dias da semana estão ordenados em uma progressão de tempo em algo que no sistema cartesiano poderia ser chamado de

eixo x, mas essa progressão não possui uma escala linear, já que a distância entre os dias não é constante. Ademais, não há um eixo y. Desse modo, o maior indicador visual dos dados de poluição é a quantidade de formas que variam em uma estrutura maior que representa os dias da semana.

5.3. Montagem

Com a finalização da codificação visual, iniciei a etapa da montagem das máscaras. Primeiro, era necessário selecionar os materiais que seriam utilizados no projeto. Assim, foram feitos testes com diversas materialidades como gesso, tecido, arame, miçangas, papel machê, papel laminado, cerâmica fria, entre outros. Esses testes resultaram em três bases de máscaras feitas de materiais distintos: tecido, gesso e papel machê. Ao analisar as bases, ficou evidente que a estrutura de arame e papel machê proporcionava maior resistência e se moldava com mais precisão ao rosto da pessoa. Por outro lado, as duas outras bases eram frágeis e não sustentavam que se colocassem outras formas em cima delas.

Figura 35 - Base de tecido, base de gesso e base de papel machê (2024)



Fonte: Compilação do autor

Além disso, foram criadas algumas formas abstratas a partir de cerâmica fria, massa de EVA, arame e miçangas. Essas formas foram os primeiros experimentos do que seriam os indicadores visuais que representam os poluentes. Por meio desses testes descobri que os materiais que interagiram melhor eram o papel machê e a cerâmica fria. Assim, esses foram os materiais que selecionei para fazer as máscaras.

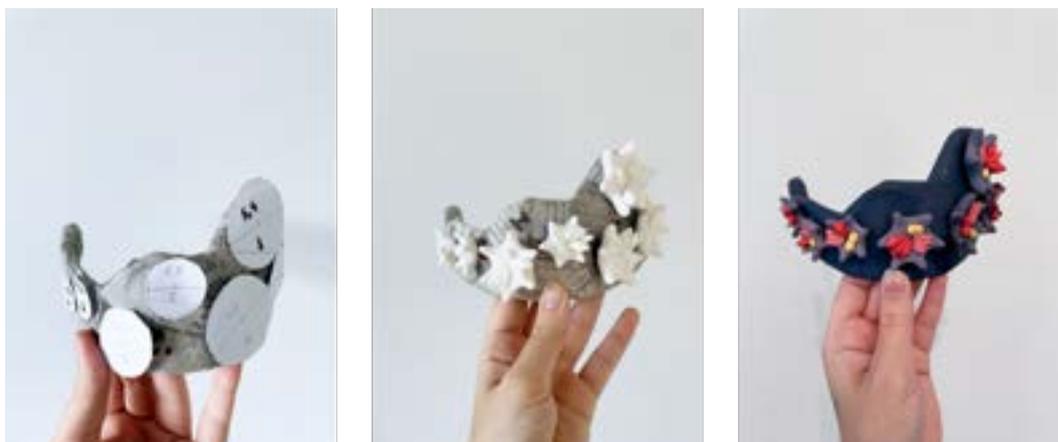
Figura 36 - Formas feitas de massa EVA, cerâmica fria e miçangas (2024)



Fonte: Compilação do autor

Após a definição dos materiais, iniciei o protótipo da primeira máscara. Como a base de papel machê já estava pronta, o próximo passo foi a criação dos indicadores visuais a partir da cerâmica fria. Primeiro, fiz o indicador visual para representar os dias. Algo que desejei expressar através da máscara era a dualidade dos poluentes: por um lado, eles são elementos químicos naturais presentes no mundo; por outro, nos prejudicam e adoecem. Por isso, busquei expressar um equilíbrio entre a agressividade e a organicidade da natureza. No final, esse desejo resultou em uma forma estrelada pontiaguda para representar os dias. Em seguida, foram desenvolvidas as formas menores que representam os poluentes individualmente.

O segundo passo foi estabelecer a proporção dos elementos. Nesse contexto, considerei importante que os indicadores visuais variassem não só em cor e quantidade, mas também de tamanho. Uma forma de atingir esse objetivo era tornar o tamanho da estrela proporcional à quantidade de poluentes do dia. Assim, foi definido um tamanho para o dia com maior quantidade de poluentes e, a partir de uma regra de três, dimensionei o tamanho dos demais dias em relação a este. Para confirmar se o tamanho estipulado para as estrelas caberia na máscara, foram recortados pequenos círculos de papel com o mesmo diâmetro da estrela. Por fim, a base da máscara e os indicadores visuais foram pintados e colados na posição correta.

Figura 37 - Etapas do protótipo (2024)

Fonte: Compilação do autor

Assim, conclui a montagem do primeiro protótipo satisfatório da máscara. A partir da análise desse protótipo surgiram alguns pontos que poderiam ser aprimorados, principalmente em termos de execução e refinamento do trabalho final. Por exemplo, a primeira versão da base da máscara ficou muito grossa. Dessa forma, foi decidido que para a versão final essa máscara seria refeita, levando esses pontos em consideração, e que se continuaria a produção das máscaras dos outros anos com as melhorias necessárias. Após uma semana, estavam prontas as versões refinadas das quatro máscaras.

Figura 38 - Máscaras finalizadas (2024)

Fonte: Compilação do autor

5.4. Consolidação

Durante o processo de conceituação das máscaras, surgiu uma questão crucial que ainda não havia sido considerada: qual seria a melhor forma de exibi-las? Colocá-las

em um manequim? Apresentá-las em um desfile? Realizar uma *performance*? A primeira opção, de exibi-las em um manequim ou suporte similar, foi rapidamente descartada. A imagem do manequim nunca seria tão impactante quanto a do corpo utilizando a máscara. Além disso, através do uso do corpo, seria possível trazer a dimensão da respiração, o que acrescentaria um toque especial à obra. As outras ideias, como o desfile e a *performance* ao vivo, foram abandonadas devido à falta de experiência nessa área.

Foi assim que surgiu a ideia de realizar uma vídeo *performance*, onde seria possível ter mais controle sobre a obra, corrigindo eventuais erros na pós-produção do filme. A vídeo *performance* permitiria também explorar diferentes ângulos e efeitos visuais que destacariam melhor os detalhes das máscaras e a sua interação com o corpo. Dessa forma, a apresentação das máscaras seria não apenas uma exibição, mas uma narrativa visual que amplificaria a mensagem conceitual por trás do projeto.

Logo, para realizar essa ideia, primeiro desenhei um storyboard. Com o storyboard em mãos, foi possível visualizar e planejar cada cena do projeto de maneira mais clara e detalhada.

Figura 39 - Storyboard (2024)



Fonte: Compilação do autor

Ademais, também fiz uma listagem dos materiais e equipamentos que seriam necessários para filmar. Por ventura, muitos equipamentos estavam disponíveis no laboratório de fotografia da ESDI, com exceção da câmera que foi emprestada por uma amiga.

Além disso, rapidamente se tornou evidente que, nesse estágio do projeto, a colaboração de outros profissionais era essencial. Para que esse vídeo saísse do papel era necessário não só operar uma câmera, mas atuar e manusear diversos equipamentos de luz e som. Portanto, solicitei a ajuda de alguns colegas: Yan Gouvêa, designer, e Luiza Kosovski, cineasta e atriz, para comporem minha equipe de apoio.

Com a equipe e os materiais organizados, marquei um dia no laboratório de fotografia para realizar a filmagem. Para tal, contávamos com uma câmera Canon Vixia HF M500, três iluminadores de luz led branca (dois Mako Digital Light 2x55 e um Greika Soft Box) e um iluminador de luz led colorida (A+ 100w ip66) além de um fundo infinito branco. Luiza ficou responsável por filmar enquanto Yan operava as luzes e ajudava com a preparação dos equipamentos. Por ter um entendimento maior do projeto e uma visão clara do que queria atingir, fiquei responsável por fazer a *performance* diante das câmeras. Assim, após sete horas de erros, regravações, confusões e acertos, concluímos a gravação do vídeo, obtendo um material que refletia os propósitos do projeto.

Figura 40 - Equipamentos utilizados na filmagem (2024)



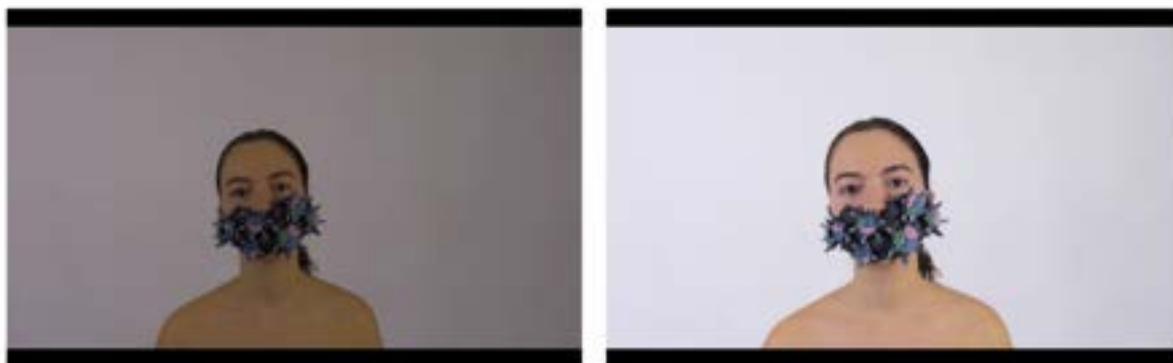
Fonte: Compilação do autor

Em seguida, iniciei a decupagem do material, onde foram selecionados os melhores takes das cenas gravadas. Várias horas foram dedicadas à revisão de cada frame, analisando a iluminação, o enquadramento e a *performance*. Após essa etapa, com

os takes selecionados, comecei a editar. Por meio do software Adobe Premiere Pro montei a sequência do vídeo, ajustando o ritmo e a continuidade das cenas. Contudo, a edição não se limita apenas à junção dos clipes; também é necessário fazer correções de cor, ajustar o áudio e adicionar efeitos visuais que complementam a atmosfera do projeto.

Nesse contexto, a correção de cor foi meu primeiro desafio. Embora tenhamos utilizado a mesma iluminação em todos os takes, o resultado gravado se mostrou diferente. Por vezes, a cor do fundo infinito branco variava de modo que foi necessário corrigir isso na pós-produção. Ademais, as cores do vídeo estavam escuras apesar do uso de três refletores. Após alguns ajustes, foi possível harmonizar as cores para obter coesão em todos os takes. No final, o vídeo final apresenta uma qualidade de cor superior à das tomadas originais, o que engrandeceu a estética do projeto.

Figura 41 - Correção de cor: versão inicial e versão final (2024)



Fonte: Compilação do autor

A seguir, comecei a edição do áudio. No dia que gravamos o vídeo infelizmente não foi possível captar o áudio com qualidade, pois havia outras pessoas utilizando o laboratório de fotografia. Por esse motivo, primeiro foi necessário regravar o som da respiração. Após a conclusão dessa etapa, iniciei o trabalho de sincronização do som com as imagens e eliminação de quaisquer ruídos indesejados. Por fim, foi adicionada uma trilha sonora que refletisse a intensidade da *performance*. A música escolhida foi "Everything in Its Right Place" da banda Radiohead, que apresenta uma atmosfera melancólica e etérea. Era importante que a trilha sonora e o som da respiração se misturassem, sem que a trilha sonora se sobrepusesse ao som da

respiração. Dessa forma, priorizei o som da respiração, utilizando apenas o instrumental da música em um volume mais baixo.

Por fim, com a obra concluída e editada, o nome "Atmosfera Carregada" foi escolhido. A escolha dessa expressão se deve ao fato dela evocar uma imagem de algo intenso e sobrecarregado, que reflete a situação da poluição atmosférica na cidade. Ademais, ela também serve como metáfora para temas pesados, difíceis, como a questão ambiental, cada vez mais urgente atualmente.

Em resumo, o processo de criação da vídeo *performance* "Atmosfera Carregada" foi uma jornada de aprendizado e colaboração, que envolveu desde o planejamento até a edição minuciosa. Cada etapa foi essencial para transformar a ideia inicial em uma obra que não apenas exibisse as máscaras, mas também narrasse visualmente os dados de poluição atmosférica. Nesse sentido, a escolha da vídeo *performance* foi apropriada, pois esse formato permitiu utilizar a própria respiração e o corpo como elementos narrativos, o que enriqueceu significativamente a obra. A versão final do vídeo encontra-se disponível na plataforma Vimeo¹¹.

Figura 42 - Fotografias das máscaras (2024)



Fonte: Compilação do autor

¹¹ A versão final do vídeo está disponível no link: <https://vimeo.com/955979000?share=copy>

6. Entrevistas

Com o projeto concluído, agora era a hora de validá-lo. Para isso, foram conduzidas entrevistas semi-estruturadas. Como projeto possui um público alvo bastante abrangente, de jovens e adultos que moram ou trabalham no município do Rio de Janeiro, foram selecionadas pessoas que morassem em diferentes zonas do Rio de Janeiro. Ademais, também se buscou envolver pessoas de diferentes faixas etárias nas entrevistas. No entanto, a obtenção de contato com pessoas significativamente mais velhas ou mais jovens foi dificultada pela restrição temporal imposta pelo cronograma do projeto. No final, foi possível entrevistar cinco pessoas, uma da Zona Norte, uma da Zona Central, uma da Zona Oeste, e duas da Zona Sul. Dentro desse grupo, uma pessoa tinha 16 anos, duas estavam na faixa dos 20 anos, uma tinha 31 e uma tinha 53 anos. Duas dessas pessoas se identificavam com gênero feminino enquanto três se identificavam com o masculino. Assim, ainda que seja um grupo amostral pequeno, ele ainda expressa alguma diversidade de perfis dentro do que se apresenta como público alvo deste trabalho.

As entrevistas tinham alguns objetivos específicos: 1. Entender se a vídeo *performance* havia impactado de alguma forma a percepção das pessoas sobre a poluição atmosférica; 2. Compreender o que elas haviam entendido das informações apresentadas; 3. Saber como elas haviam se sentido após ver o vídeo. Assim, foram formuladas previamente três perguntas relacionadas a esses tópicos, que estão expostas na tabela abaixo. Essa perguntas foram feitas a todos os entrevistados, mas também houveram tópicos que surgiram da espontaneidade do momento da entrevista. As entrevistas foram conduzidas ou de forma online, pelo Google Meet, ou de forma presencial e foram gravadas pelo celular ou computador e posteriormente transcritas através do Escriba, ferramenta de transcrição automática disponível online.

Objetivo	Pergunta
Saber como os entrevistados haviam se sentido após ver o vídeo	Como você se sentiu após assistir o vídeo?

Compreender o que os entrevistados haviam entendido das informações apresentadas	O que você compreendeu das informações que foram mostradas?
Entender se a vídeo <i>performance</i> havia impactado de alguma forma a percepção das pessoas sobre a poluição atmosférica	Após o vídeo, o que você sabe/pensa sobre a poluição atmosférica?

6.1. Cintia, 53 anos, Zona Sul

- **Como você se sentiu após assistir o vídeo?**

"Sufocada."

- **O que você compreendeu das informações que foram mostradas?**

"Então, os dados que foram oferecidos mostram que, por exemplo, em 2018, você teve uma alta poluição de todos aqueles elementos que você mostra, químicos. E 2020 tem uma melhora, e depois foi piorando, piorando, piorando, tanto que o último vídeo é quase uma respiração exigindo quase oxigênio, a falta do oxigênio diante de tantos poluentes na atmosfera e no ar."

- **Após o vídeo, o que você sabe/pensa sobre a poluição atmosférica?**

"Olha, eu penso na poluição na atmosfera desde a década de 90. Porque eu fui de movimento ambiental e uma das questões para mim mais importantes é a poluição atmosférica. Acho que a minha experiência física me mostra isso também, porque vivi em cidades grandes e poluídas, depois passei a viver numa ilha, Florianópolis... onde eu pude respirar, então aquilo, a minha sensação de viver na ilha, onde tinha muita árvore, floresta, né, e viver diante de um ar limpo. Quando eu me mudo de Floripa para fazer um pós-doutorado em São Paulo, lembro de ficar muito doente e sentir dor no peito. Esse vídeo me fez lembrar da minha dor no peito em São Paulo por respirar aquele ar extremamente cheio de CO₂. Eu sentia o cheiro de CO₂, era

um negócio muito sensível, me fez muito mal, e dali eu passei a desenvolver problemas respiratórios. Eu não era alérgica e hoje eu tenho uma alergia que desenvolvi nesse período em que fui viver numa cidade muito poluída como São Paulo. Então, para mim, é uma consciência que vem das próprias experiências também de vida. A gente tem que modificar a nossa forma de viver, a forma de consumir, poluir menos. Um consumo que a gente saiba que não produz todos esses poluentes que os dados mostraram. Isso já deveria ter sido feito há 20 anos, a gente perdeu tempo, e mostram os dados... um pouco que a gente para de produzir, você já melhora o ar. A gente tem também no Brasil, infelizmente, uma sociedade que depende muito do carro. Precisamos pensar em outras formas de produção de energia que não sejam essas."

6.2. Tiago, 31 anos, Zona Norte

- **Como você se sentiu após assistir o vídeo?**

"Fiquei um pouco angustiado, né? Pensando na questão da poluição atmosférica e como isso afeta a nossa saúde, muitas vezes de maneira invisível. A gente não se dá conta e você vai perceber na hora que você vê a conta da farmácia, a conta de ir ao médico e os reflexos disso no seu dia-a-dia."

- **O que você compreendeu das informações que foram mostradas?**

"Eu compreendi que tinha uma situação muito ruim em 2018. A gente até via isso pelos meios de comunicação, falando pelo mundo todo. Então houve uma parada das atividades econômicas, uma redução, as pessoas tiveram que ficar em casa na pandemia. E com isso o ar melhorou, né? A produção industrial diminuiu. Uma série de atividades poluidoras diminuíram e a qualidade do ar melhorou sensivelmente. Depois houve uma retomada com um agravante... Bom, eu não consigo dissociar do momento que a gente estava vivendo no Brasil, né? Então, fiquei pensando em tudo que as gestões do governo federal, estadual, municipal também fizeram do ponto de vista das questões ecológicas no Brasil. Tornaram pior ainda o que a gente já tinha em 2018. E depois, olhando aquela última máscara, a sensação de um abrandamento. Não que tenha resolvido o problema, houve um abrandamento, talvez porque foram desenvolvidas uma série de políticas ambientais, ou pelo menos se retomou as políticas ambientais que existiam antes."

- **Após o vídeo, o que você sabe/pensa sobre a poluição atmosférica?**

"É, eu acho que a gente tem que continuar trabalhando para buscar energias limpas e alternativas para que aquela máscara não se feche, né? Porque a gente caminha na direção do limite. Todos os cientistas referem-se a esse momento como um momento dramático. De que nós estamos muito próximos de já não conseguir mais manter o ecossistema que a gente tem hoje. Então, provavelmente a gente vai ter climas extremos, problemas de respiração, poluição, desastres ambientais. Acho que a gente tem que buscar energias limpas, alternativas para essa situação."

6.3. Victor, 23 anos, Zona Oeste

- **Como você se sentiu após assistir o vídeo?**

"Desconfortável."

- **O que você compreendeu das informações que foram mostradas?**

" Compreendi que em 2020 a gente poluiu menos por conta da pandemia. Já em 2022 a gente poluiu mais que estamos poluindo hoje por algum motivo que não consigo imaginar."

- **Após o vídeo, o que você sabe/pensa sobre a poluição atmosférica?**

"Penso que mesmo parando bastante coisa em 2020 não foi o suficiente para as coisas ficarem como que deveriam, o que é um pouco desesperançoso. Mas que fizemos algo certo de 2022 para cá, aparentemente, o que dá um pouco de esperança. Só não sei se é algo que por acaso aconteceu no Rio ou se o mundo no geral fez algo certo ou se foi algum fenômeno climático pontual que tá por trás dessa diferença."

- **Algum comentário adicional?**

"Achei as cenas que mostram as unidades de medida de cada um dos elementos um pouco inúteis. Eu nem tive tempo de ler as unidades direito, não contei quantas tinham de cada uma pra fazer a soma e não saberia julgar o quão ruim é essa soma."

6.4. Ana Letícia, 25 anos, Zona Central

- **Como você se sentiu após assistir o vídeo?**

"Eu achei meio desesperador. Não é surpreendente que a situação seja horrível, mas parte de mim achava que depois de 2020 você ia estar com a cara menos obstruída. Não sei, eu achei que, sei lá, com os acordos climáticos, as coisas que estão acontecendo, eu achei que você ia estar com a cara menos obstruída. Então, quando foi ficando mais, eu achei meio bizarro e fiquei pensando se nos próximos anos vai ficar pior."

- **O que você compreendeu das informações que foram mostradas?**

"Eu compreendi que você estava comparando a mesma semana, diferentes anos, e que as florezinhas, as pétalas, tudo aquilo representava a emissão de certos gases que são bem danosos à saúde humana. Em 2020 as pessoas ficaram paradas em casa, emitindo menos gases tóxicos. Mas mesmo com essa situação, que poderia servir de um aprendizado, a poluição ainda piorou nos anos seguintes, com relação a 2020. Foi isso que entendi."

- **Após o vídeo, o que você sabe/pensa sobre a poluição atmosférica?**

"Assim, após o vídeo e antes do vídeo, eu já pensava que a poluição atmosférica era uma porcaria, mas eu sentia que a gente estava trabalhando num caminho melhor de alguma forma. Mas acho que com isso eu descobri que não. Enfim, eu também não tinha pensado no aspecto da poluição com relação à pandemia, então acho que eu também estou pensando como esses eventos desastrosos às vezes podem trabalhar a favor de uma atmosfera mais saudável. Não sei, é um pensamento bem bizarro, mas é um pensamento que eu estou tendo."

6.5. Theo, 16 anos, Zona Sul

- **Como você se sentiu após assistir o vídeo?**

"Deu uma certa sensação de desconforto. Principalmente naquela parte que você para de mostrar os dados. A parte das máscaras."

- **O que você compreendeu das informações que foram mostradas?**

"Percebi que a própria composição das máscaras é feita com meio que umas formas que vão representar certos elementos químicos, né? Que tem completamente a ver com a situação que você está tentando representar. O vídeo tem uma progressão: 2018, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024. As máscaras vão ficando... Por exemplo, no início começou bem pequena e depois ela foi espalhando. Na minha concepção pode se relacionar a uma necessidade de se proteger mais. Só que eu gostei que, tipo... Não foi uma progressão linear. Foi no início, quando tava cobrindo muito o seu rosto. Depois melhorou um pouquinho. Acho que é aquela coisa de acabou a pandemia, mas as consequências continuam presentes. Tem sequelas."

- **Qual foi sua percepção em relação à progressão dos anos?**

"Durante a pandemia foi pior. Durante a pandemia... Ficou cada vez pior. 2018 tava ruimzinho. Aí 2020 ficou bem mal. Aí 2022 tava tipo, muito, muito ruim. Aí em 2024 deu uma pequena melhorada."

- **Após o vídeo, o que você sabe/pensa sobre a poluição atmosférica?**

"É ruim. A poluição atmosférica é causada pela emissão de diversos gases. Entre eles os combustíveis fósseis. Tá causando aquecimento global, por exemplo. Quer dizer, a emissão de gases combustíveis fósseis afeta diretamente o efeito estufa, afeta o aquecimento global que é um dos principais destruidores do planeta."

6.7. Análise das entrevistas

Assim, a partir das entrevistas, foi possível identificar alguns pontos relevantes. Em relação à primeira pergunta, que abordava as sensações dos indivíduos após assistir ao vídeo, os entrevistados relataram sentimentos de desconforto, sufocamento, angústia e desespero. Dessa forma, é perceptível que nesse ponto o vídeo desempenhou bem seu papel, já que essas eram as sensações que se desejava que fossem comunicadas através dos dados e da *performance*. Ademais, alguns entrevistados explicaram também a origem desses sentimentos. Para alguns, isso se deve ao fato de a poluição afetar nossa saúde de maneira invisível; para

outros, é a percepção de que, apesar de todos os acordos climáticos, a tendência parece ser um agravamento da situação.

A segunda pergunta, que buscava entender o que as pessoas compreenderam das informações apresentadas no vídeo, também mostrou que o filme atingiu o resultado almejado. A maioria das pessoas entendeu que durante a pandemia em 2020, quando as pessoas ficaram em casa, houve uma redução na concentração de poluentes presentes na atmosfera. Ademais, a queda nos dados entre anos de 2022 a 2024 também foi notada. Alguns entrevistados questionaram os motivos por trás dessa melhora, atribuindo a volta de políticas ambientais com a mudança do governo ou a eventos climáticos pontuais. Por fim, o consenso sobre a poluição em 2024 é que ainda há espaço para mais avanços, visto que a situação ambiental se torna cada vez mais emergencial.

Por fim, na terceira pergunta, que buscava entender se a vídeo *performance* havia impactado de alguma forma a percepção das pessoas sobre a poluição atmosférica, todos os entrevistados unanimemente expressaram seu descontentamento em relação à poluição. Muitos também sugeriram intervenções necessárias para mudar a situação atual, como "buscar energias limpas e alternativas" e reconhecer que "somos uma sociedade que depende muito do carro", o que exigiria "modificar nossa forma de viver". Ademais, durante essa pergunta, uma das entrevistadas mencionou um pensamento que considerou estranho ao assistir ao vídeo: "não tinha pensado no aspecto da poluição em relação à pandemia, então acho que também estou refletindo sobre como esses eventos desastrosos às vezes podem contribuir para uma atmosfera mais saudável."

Apesar dos pontos positivos, houveram também alguns contrapontos que demonstram a necessidade de aperfeiçoamento. O primeiro deles é que nem todas as pessoas perceberam a queda na concentração de poluentes na atmosfera em 2020. Um dos entrevistados achou que durante a pandemia a situação havia piorado. Para ele, a piora em 2022 também era uma consequência da pandemia, e acreditava que agora estávamos nos recuperando desse período. Além disso, outro entrevistado expressou que não gostou da cena com as legendas, onde são expostas às unidades de medida relativas a cada poluente. Segundo ele, foi difícil prestar atenção nos números e mesmo que tivesse conseguido, acha que isso não

teria feito diferença, já que no momento das máscaras não haveria tempo de somar ou fazer uma comparação.

Assim, com base nas entrevistas realizadas, é possível concluir que o vídeo foi eficaz em transmitir sensações de desconforto e urgência em relação à temática da poluição atmosférica. Ademais, após a exibição da obra ficou evidente a todos que ainda há muito a ser feito para melhorar a qualidade do ar e a saúde ambiental. No entanto, o vídeo é rápido e contém muitas informações, o que pode dificultar a absorção desses dados pelo espectador. Além disso, a legenda poderia ser mais eficaz na apresentação dos dados. Dessa forma, embora existam áreas que podem ser refinadas, o vídeo conseguiu atingir seu objetivo de sensibilizar as pessoas sobre a situação da poluição atmosférica no município do Rio de Janeiro.

7. Considerações Finais

No início do projeto havia muitas incertezas sobre o que exatamente seria executado. No final, de forma bastante inesperada, "Atmosfera Carregada" se tornou uma vídeo performance que utiliza máscaras para narrar visualmente dados sobre a poluição atmosférica do Rio de Janeiro. Ainda que essa não tenha sido a direção inicialmente prevista, o resultado final conseguiu sintetizar de maneira eficaz a complexidade do tema abordado.

Para chegar a esse ponto todas as etapas realizadas foram indispensáveis. O referencial teórico de visualização de dados, visualização artística, fisicalização e poluição atmosférica forneceram a base conceitual e metodológica que orienta todo o desenvolvimento do projeto. A análise de obras similares destacou a importância de um equilíbrio entre elementos artísticos e informativos, uso cauteloso de legendas, e a escolha de metáforas adequadas. Ademais, houve também o trabalho prático que incluiu a descoberta e análise de dados, codificação visual, testes de materiais, construção dos protótipos das máscaras e a gravação e edição do vídeo.

Por fim, a etapa de validação do projeto revelou áreas a serem aprimoradas, como a clareza das legendas e das informações mostradas. Contudo, apesar do projeto apresentar aspectos que podem ser melhorados, a vídeo performance gerou sentimentos de desconforto e urgência nos espectadores, conseguindo sensibilizá-los sobre a poluição. Ademais, a maior parte dos espectadores conseguiu executar o principal objetivo da visualização, que era comparar a mesma semana em diferentes anos. Assim, o experimento foi um momento de grande aprendizado em diversas instâncias além de cumprir os objetivos estabelecidos inicialmente.

8. Referências

AGOSTINHO, Maria Raquel de Sousa Santos. **Design de Comunicação e Literacia Visual Uma Ferramenta na Aprendizagem**. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal), 2017.

BORGMAN, Christine L. The Lives and After Lives of Data. **Harvard Data Science Review**, 2019. Disponível em: <<https://hdr.mitpress.mit.edu/pub/4giycvuj>>. Acesso em: 11 mar. 2024.

BUFORD, Kathryn. Data art vs. visualization. **The distinction is unproductive, says artist Jer Thorp Silicon ANGLE, Palo Alto**, 2012.

D'IGNAZIO, Catherine. Como seria a visualização de dados feminista?. In: KOSMINSKY, Doris; CASTRO, Barbara; LUDWIG, Luiz (org.). **Existência Numérica**. Rio de Janeiro: Rio Books/ Oi futuro, 2018. p. 99 - 104. Disponível em:< https://existencianumerica.com.br/documents/livro_EXISTENCIA-NUMERICA_webFINAL.pdf> Acesso em: 14 jun. 2023.

DONDIS, D. A. **A primer of visual literacy**. 21. Aufl ed. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2007.

EDWARDS, Phil. **How to trace an outbreak in 1854**. Vox, 2020. Disponível em: <<https://www.vox.com/2020/6/12/21289030/john-snow-map-cholera>>. Acesso em 21 de maio de 2023.

FLIGHT Patterns. **Art Institute Chicago**. Disponível em : <<https://www.artic.edu/artworks/213139/flight-patterns>> Acesso em 21 de maio de 2023.

FLORENCE Nightingale's Rose Diagram. **Jeremy Norman's History of Information.com**, c2004 - 2023. Disponível em: <<https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=3815>> Acesso em 21 de maio de 2023.

FREEMAN, Julie. **Defining Data as an Art Material**. Tese de Doutorado —[s.l.] Queen Mary University of London, 19 jan. 2018.

FRY, Benjamin Jotham. **Computational information design**. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology, 2004.

HARRIS, Jonathan. We Feel Fine. **Jonathan J. Harris**, 2006. Disponível em <<https://jjh.org/we-feel-fine>> Acesso em 21 de maio de 2023.

IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente. **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil**, 2014. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br/produto/1o-diagnostico-da-rede-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar-no-brasil>>. Acesso em: 23 fev. 2024.

IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente. **Plataforma da Qualidade do Ar**, 2022. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br/qualidadedoar/>>. Acesso em: 22 mar. 2024.

IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente. **Relatório Anual 2021**, 2021. Disponível em: <<https://energiaeambiente.org.br/produto/relatorio-anual-2021>>. Acesso em: 22 mar. 2024.

KANNO, Mario. **Infografia: guia básico de didáticos**. São Paulo: Boreal Edições, 2018.

KOSARA, R. **Visualization Criticism - The Missing Link Between Information Visualization and Art**. 2007 11th International Conference Information Visualization (IV '07). **Anais...** jul. 2007.

KOSMINSKY, Doris; OLIVEIRA, Douglas Thomaz de; SILVA, Luana Carolina da; *et al.* Dos dados à matéria: experiências em esculturas de dados. **Diálogo com a Economia Criativa**, v. 4, n. 12, p. 161–180, 2019. Disponível em: <<https://dialogo.espm.br/revistadcec-rj/article/view/255>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

LIMA, R. C. Otto Neurath e o legado do ISOTYPE. **InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação**, v. 5, n. 2, p. 36–49, 22 set. 2010.

LUPI, G.; POSAVEC, S.; POPOVA, M. **Dear data**. New York: Princeton Architectural Press, 2016.

LUPTON, Deborah. Feeling your data: Touch and making sense of personal digital data. **New Media & Society**, v. 19, n. 10, p. 1599–1614, 2017. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1461444817717515>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

LUPTON, E.; PHILLIPS, J. C. **Graphic design: the new basics**. 1st ed ed. New York: Baltimore: Princeton Architectural Press; Maryland Institute College of Art, 2008.

MANOVICH, L. O que é visualização?. *In*: KOSMINSKY, Doris; CASTRO, Barbara; LUDWIG, Luiz (org.). **Existência Numérica**. Rio de Janeiro: Rio Books/ Oi futuro, 2018. p. 33 - 38. Disponível em: <https://existencianumerica.com.br/documents/livro_EXISTENCIA-NUMERICA_webFINAL.pdf> Acesso em: 14 jun. 2023.

MARQUES, Leandro; DI PAULA, César; DIAS, Sarah; *et al.* Poluição atmosférica em cidades brasileiras: uma breve revisão dos impactos na saúde pública e meio ambiente. **Naturae**, v. 2, n. 1, p. 23–33, 2020. Disponível em: <<http://www.sapientiae.com.br/index.php/naturae/article/view/CBPC2674-6441.2020.001.0003>>. Acesso em: 22 mar. 2024.

MOERE, Andrew Vande. Beyond the Tyranny of the Pixel: Exploring the Physicality of Information Visualization. *In*: **2008 12th International Conference Information Visualisation**. [s.l.: s.n.], 2008, p. 469–474. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/4577990>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

NORMAN, Donald A. **O design do dia-a-dia**. [s.l.]: Rio de Janeiro Rocco 2006., 2006.

NOVAS Diretrizes Globais de Qualidade do Ar da OMS visam salvar milhões de vidas da poluição atmosférica. **OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da**

Saúde, 2021. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/22-9-2021-novas-dir-ettrizes-globais-qualidade-do-ar-da-oms-visam-salvar-milhoes-vidas-da#:~:text=Genebra%2C%2022%20de%20setembro%20de>>. Acesso em: 23 fev. 2024.

OFFENHUBER, Dietmar. Material Traces as Autographic Visualizations. **Medium**, 2020. Disponível em:<<https://medium.com/multiple-views-visualization-research-explained/material-traces-as-autographic-visualizations-e814662aa60f>>. Acesso em: 27 jun. 2024.

PADOVANI, S.; SPINILLO, C. G.; GOMES, Í. M.. Desenvolvimento e aplicação de modelo descritivo-normativo para análise de websites. **Production**, v. 19, n. 3, p. 514–528, 2009.

PAUL, Christiane. **Digital art**. Thames & Hudson, 2008.

QUALIDADE do Ar. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 22 mar. 2024.

THUDT , Alice; HINRICHS, Uta ; CARPENDALE, Sheelagh . Data craft: integrating data into daily practices and shared reflections. *In*: Denver , United States : [s.n.], 2017. Disponível em: <<https://research-repository.st-andrews.ac.uk/handle/10023/10910>> Acesso em: 22 mar. 2024.

TRANSFORMING the Tube map: Harry Beck's iconic design. London Transport Museum, c2023. Disponível em: <<https://www.ltmuseum.co.uk/collections/stories/design/transforming-tube-map-harry-becks-iconic-design>> Acesso em 21 de maio de 2023.

TUFTE, E. R. **The visual display of quantitative information**. 2nd ed., 8th print ed. Cheshire, Conn: Graphics Press, 2013.

VENTURELLI, S.; MELO, M. A. D. **O visível do invisível**. ARS (São Paulo), v. 17, n. 35, p. 203–214, 12 maio de 2019

WIND Map. **Fernanda Viégas & Martin Wattenberg**. Disponível em <<http://hint.fm/projects/wind/>> Acesso em 21 de maio de 2023.

YAU, Nathan. **Data points: visualization that means something**. Indianapolis, IN: John Wiley & Sons, Inc, 2013.

ZHAO, Jack; VANDE MOERE, Andrew. Embodiment in data sculpture: a model of the physical visualization of information. *In*: **Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts**. Athens Greece: ACM, 2008, p. 343–35.