

Escalas em aquecimento: reflexões teóricas e projetuais sobre o design de uma visualização digital de dados de aquecimento global

Rodolfo Almeida (UFRJ, Brasil)
rodolfoalmd@ufrj.br

Doris Kosminsky (UFRJ, Brasil)
doriskos@gmail.com

Escalas em aquecimento: reflexões teóricas e projetuais sobre o design de uma visualização digital de dados de aquecimento global

Resumo: No contexto do Antropoceno, o desenvolvimento de formas de representação visuais que contemplem a complexidade e diversidade de escalas temporais e espaciais inerentes ao clima é fundamental para endereçar os desafios da crise climática. Este trabalho, conduzido a partir do paradigma de Research Through Design, descreve o processo de análise e classificação de projetos de visualização de dados climáticos e o desenvolvimento de uma prova de conceito de visualização usada como fio condutor para a elaboração de reflexões teóricas sobre as dificuldades de imaginação e representação de fenômenos climáticos de larga escala.

Palavras-chave: Visualização de dados; Antropoceno; Crise climática.

Heating scales: practical and theoretical reflections on designing a digital data visualization of global warming

Abstract: *In the context of the Anthropocene, the development of visual representations contemplating the diversity and complexity of spatial and temporal scales inherent to the climate is fundamental to address the challenges of the climate crisis. This paper, developed based on the Research Through Design paradigm, describes the process of gathering, classifying and analyzing climate visualization projects as well as developing a proof of concept visualization that serves as a guiding north for theoretical reflections about the difficulties in imagining and representing large scale climate phenomena.*

Keywords: *Data visualization; Anthropocene; Climate crisis*

1 Introdução

O presente trabalho foi realizado dentro do âmbito da pesquisa “Visualizar o Inimaginável: hiperobjetos e visualização de dados no Antropoceno”. Ela tem como objetivo compreender como projetos de visualização de dados representam fenômenos da crise climática – e endereçam as dificuldades de compreensão oriundas da complexidade desses fenômenos.

Este artigo é composto de aspectos teóricos e práticos. Seu objetivo é de identificar as codificações visuais utilizadas para a representação de dados da crise climática em projetos de visualização de dados na web voltadas ao público leigo (ou seja, sem pré-requisitos técnicos para sua compreensão). Ela pretende também determinar perguntas e requisitos que nortearão o desenvolvimento de uma prova de conceito de visualização de dados que explore as limitações de compreensão desses fenômenos e cujo desenvolvimento forneça insumos também para reflexões teóricas.

Ao todo, este trabalho pretende contribuir com o campo do design com uma classificação dos recursos de visualização, interação e comunicação visual comumente empregados para tratar de fenômenos climáticos. Contribui também ao conjugar métodos práticos e reflexões teóricas no processo de design de um artefato – ao mesmo tempo que fornece uma prova de conceito de código aberto que pode ser explorada e incrementada por outros pesquisadores e praticantes de design.

2 Compreendendo o Antropoceno

O consenso científico robusto sobre a mudança climática e seus efeitos perniciosos e alarmantes sobre o planeta, a biodiversidade e a vida humana só tem se ampliado nas últimas duas décadas, a partir dos primeiros alertas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 1990).

Contudo, as medidas de mitigação dos efeitos da crise no mesmo período não parecem acompanhar a gravidade da ameaça ambiental, indicando que estamos longe da reorganização econômica e energética necessária para manter o aumento da temperatura global dentro do teto de 1.5°C – uma das principais metas indicadas pelo IPCC. As previsões do painel nos dão – em um cenário otimista em que a taxa de emissões de carbono seja mantida – cerca de 8 anos para esgotar o “orçamento de carbono” global. Seria necessário descarbonizar a economia por completo antes disso, objetivo que parece fora de alcance (IPCC, 2022).

Existem diversas formas de interpretar essa desconexão entre a ameaça e a resposta. Vamos nos concentrar nas ideias de pesquisadores de áreas tão diversas quanto a antropologia, filosofia e ecologia que têm alertado para uma deficiência da capacidade de imaginar e visualizar o problema como

um dos principais fatores de desmobilização – e que pode se originar em características intrínsecas a fenômenos climáticos.

A causa humana da crise, antes objeto de especulação, é hoje ponto pacífico e central para um conceito das geociências que vem sendo analisado também por teóricos das humanidades: a ideia de Antropoceno. O termo propõe uma revisão da classificação temporal geológica da Terra sugerindo que não estaríamos mais vivendo no Holoceno (iniciado a cerca de 12 mil anos atrás), mas sim adentrando um novo período da história global marcado pelo inegável impacto humano sobre o planeta e seus sistemas (CRUTZEN, 2000).

A evidência central do caráter antrópico da crise atual está em um fenômeno chamado de A Grande Aceleração: um aumento repentino e exponencial de toda sorte de indicadores socioeconômicos e ambientais. Emissões de carbono e microplásticos na atmosfera, temperatura média global, população humana, acidificação de oceanos – todas essas variáveis sofreram a partir da metade do século XX um aumento sem precedentes na história da terra, condizente apenas com períodos de transição geológica impróprios à existência da vida humana (STEFFEN et al, 2015).

A partir da proposição do conceito de Antropoceno, emergiram intensos debates entre as geociências e humanidades sobre como classificar esse período. Há na literatura grande diversidade de terminologias buscando dar conta da correta distribuição de responsabilidade e da reorganização da vida humana ao redor dos efeitos da crise climática.

Bruno Latour chamou esse cenário de um “novo regime climático” que há de se impor sobre múltiplos aspectos da economia, política e vida humanas (Latour, 2020); Donna Haraway e Anna Tsing retomam a ideia do “capitaloceno” ou do “plantationceno” para desviar da metáfora pouco representativa do ser humano como um todo responsável pela crise, atribuindo-a a uma organização econômica do capital ou ao sistema de produção agrícola das plantations (HARAWAY, 2016); anteriormente, James Lovelock levantou a “hipótese de Gaia”, sugerindo que a Terra seja vista como uma forma de vida, um ente biológico único formado pelas múltiplas interações entre suas partes (LOVELOCK, 1972).

Todas essas são tentativas de abordar uma crise que foi descrita pelo filósofo Timothy Morton (2010) sob o nome de “hiperobjeto”. A terminologia dá conta de uma variedade de ideias e conceitos que se pode constatar, estudar e pensar sobre, mas que não são simples de se visualizar diretamente em decorrência de suas escalas espaciais e temporais. Morton fornece o exemplo do isopor: uma única embalagem de isopor é perfeitamente possível de visualizar e dimensionar. Mas, todo o isopor espalhado pela atmosfera

terrestre – na forma de microplásticos no ar, à deriva em correntes marinhas, nos aparelhos digestivos de animais e pessoas, dentre outros, representa um desafio de imaginação e visualização. Cobrindo escalas planetárias e microscópicas, esse material se estenderá também pelo tempo, tomando cerca de 500 anos até que se decomponha, sobrevivendo à toda a população humana viva hoje. O exemplo do isopor serve como uma metáfora da mudança climática – que é, também, considerada por Morton como um hiperobjeto: um fenômeno de origem antrópica que desafia a própria capacidade daqueles responsáveis por ele de dimensioná-lo – e sobrevive a eles por centenas de anos.

Da dificuldade de visualizar mentalmente esses conceitos decorre também, segundo Morton, a dificuldade de representá-los visualmente. Este é um desafio que vem sendo abordado diretamente por artistas, designers e pesquisadores em exposições e coletâneas como *Hyperobjects for Artists* (COPELIN et al, 2018) ou *Arts of Living on a Damaged Planet* (TSING et al, 2017), em que empreendem diversas tentativas de redimensionar tais escalas desafiadoras para a compreensão humana por meio de instalações, poemas, pinturas e fotografias.

Uma das disciplinas no campo do design mais diretamente ligada a representação de fenômenos invisíveis a olho nu, mas constatáveis por meio de aferições, modelos e coleta de dados é precisamente a visualização de dados. Largamente empregada na comunicação científica – inclusive produzida pelos próprios pesquisadores autores das descobertas que nos permitem compreender o estado da crise climática –, a visualização tem grande potencial para providenciar imagens e modelos mentais (na forma de gráficos, diagramas e esquemas) que nos permitem dar conta de aspectos abstratos da realidade (CAIRO, 2013).

A visualização de dados ainda é um campo relativamente recente dentro do design, tendo historicamente se originado pelas mãos de teóricos e praticantes da engenharia, ciência da computação e cartografia (D'IGNAZIO; KLEIN, 2020). Compreender quais estratégias de representação são atualmente empregadas é crucial para melhor informar a prática da visualização – e colocar tais estratégias em diálogo com diferentes compreensões do Antropoceno pode contribuir para novas perspectivas acerca de como representar problemas dessa complexidade.

3 Metodologia

Este trabalho foi conduzido a partir do paradigma de pesquisa Research Through Design sugerido por Frankel e Racine (2010), objetivando a construção de conhecimento e a elaboração de reflexões por meio do entrelaçamento

entre a pesquisa teórica e a prática de um projeto de design. O desenvolvimento de um artefato de design, neste paradigma, é tido menos como uma solução final a um problema, e mais como um veículo para a aquisição e formação de conhecimento, servindo em maior ou menor medida a ambas as facetas prática ou teórica do design.

Por compreendermos a crise climática como um problema capcioso (“*wicked problem*”; RITTEL, 1978) por excelência, ou seja, um problema complexo para o qual não há nenhuma única solução definitiva, mas sim um mosaico de abordagens possíveis e complementares, entendemos que o design, informado por paradigmas como o de Research Through Design, pode ser útil para somar as tentativas de endereçar novas perspectivas para a crise.

Este método, apesar de se encontrar em suas etapas iniciais e com diversas perspectivas sobre como aplicá-lo, tem como ponto basilar o registro das etapas de design e das reflexões teóricas e projetuais suscitadas ao longo do processo de desenho. Este registro visa formar um corpo documental que pode ser analisado pelo próprio designer (bem como, posteriormente, por terceiros) e servir de insumo para a formulação de novas iniciativas de pesquisa ou projetuais, mantendo prática e teoria em constante diálogo e movimento. Os conjuntos de dados utilizados, projetos classificados, códigos e *sketches* realizadas ao longo desta pesquisa estão disponibilizados em repositório online do autor¹.

Realizamos esta pesquisa em duas etapas principais: análise de projetos e design de prova de conceito. A etapa de análise consiste na coleta e classificação de projetos de design que fazem uso da visualização de dados na web para representar dados climáticos. Analisamos os projetos de acordo com um protocolo de análise de artefato e em seguida, usamos tais classificações como ponto de partida para a identificação de perguntas norteadoras a serem endereçadas pela prova de conceito.

4 Desenvolvimento

4.1 Análise de projetos

O protocolo da análise de projetos é dividido em cinco eixos. O primeiro eixo compreende a natureza dos dados utilizados na visualização; se dizem respeito a fenômenos climáticos constatados, ou projetados para o futuro; ou se encontram relacionados a dados socioeconômicos ou do sistema Terra. O segundo eixo diz respeito às dimensões das informações visualizadas, ou seja a abrangência das escalas temporais e geográficas (em anos, décadas,

¹ Disponível em <<https://airtable.com/shrQLRRZ6PStBb4qt>>.

séculos, etc. ou em cidades, estados, países, continentes, etc.); bem como o referencial temporal (passado, presente ou futuro). O terceiro eixo diz respeito aos aspectos formais da visualização, como por exemplo, as estruturas utilizadas (gráficos de barras, linhas, pizza, etc.); a abordagem de representação (entre figurativa e abstrata); a disponibilidade de notas metodológicas por parte dos autores, entre outros. O quarto eixo diz respeito aos modos de interatividade do leitor com a visualização; se existe alguma camada de interatividade; e se existe *input* de informações por parte dos usuários para customização da visualização. Por fim, o quinto eixo coleta os metadados da publicação: data de publicação, título, instituição responsável, entre outros. A seguir, o protocolo de análise completo:

DADOS:

- Tipo de dado (múltipla escolha): classifica em dados do sistema Terra (*Earth System Trends*) ou socioeconômicos (*Socioeconomics Trends*), a partir de Steffen et al (2015);
- Natureza do dado (múltipla escolha): classifica em dados observados (relativos a fenômenos aferidos) ou projetados (relativos a fenômenos modelizados);

DIMENSÕES:

- Escala temporal (múltipla escolha): classifica entre anos, décadas, séculos e milênios, a depender do alcance temporal dos fenômenos visualizados;
- Escala geográfica (múltipla escolha): classifica entre cidade, estado/província, país, continente e mundo, a depender da escala de ocorrência dos fenômenos visualizados;
- Referencial temporal (múltipla escolha): classifica entre passado, presente e futuro, a depender do referencial temporal dos dados, sejam observados ou projetados;

VISUALIZAÇÃO:

- Estrutura de visualização (múltipla escolha): lista as dimensões da visualização e sua estrutura de visualização, de acordo com taxonomia de Ferdio (2015);
- Representação da visualização (múltipla escolha): classifica entre figurativa, abstrata, ou ambas, a partir de Festi (2019);
- Leitura da visualização (múltipla escolha): classifica entre exploratória (entendida aqui como aquela que depende da interação ativa do leitor para servir informações) ou explanatória (entendida como aquela que depende apenas da atenção passiva do leitor para servir informações);

- Protagonista (múltipla escolha): classifica entre humanos, não-humanos ou ambos, a depender de quais desses entes são o sujeito da visualização;
- Metodologia/documentação (escolha única): classifica entre sim e não quando há disponibilidade de material técnico metodológico sobre a análise de dados empreendida;
- Texto explicativo (escolha única): classifica entre sim e não quando a visualização acompanha texto explicativo que traz contexto ou ajuda a leitura das formas gráficas;

INTERAÇÃO:

- Tem interação (escolha única): classifica entre sim e não, a depender da possibilidade de interação não-passiva com o conteúdo;
- Permite input (escolha única): classifica entre sim e não, a depender da possibilidade de dar entrada em seus próprios dados, localização, idade, ou qualquer outra informação para alterar as visualizações;

METADADOS:

- ID (chave numérica): contém uma chave única para organização tabular das informações;
- Título (texto): contém o título da publicação;
- Origem (texto): contém o repositório em que foi encontrada;
- Link (texto): contém URL ativa;
- Data de publicação (texto): contém data em que o projeto foi ao ar;
- Autor (texto): contém relação de todos os autores listados na publicação;
- Instituição (texto): contém nome da instituição principal responsável pelo projeto;
- Fonte de dados (texto): classifica entre sim e não e lista quando a visualização traz de maneira acessível e clara a fonte dos dados utilizados;
- Assuntos (texto): lista temas abordados pelo projeto;

O corpo de projetos analisados foi formado por publicações na web que utilizam o termo ou possuem a tag “*climate*” (do inglês, “clima”) publicadas no repositório de visualizações de dados *Flowing Data*², mantido por Nathan Yau. Voltado ao público geral e composto de publicações de veículos jornalísticos, instituições não governamentais e praticantes de visualização de dados, o portal fornece um panorama do estado da arte da visualização de dados na web dos últimos anos de forma acessível e gratuita. Foram considerados apenas os projetos que pudessem ser acessados online.

² Prova de conceito disponível em <<https://youtu.be/phTqa9Hr1z8>>

A busca no repositório *Flowing Data* retornou 95 projetos contendo o termo “*climate*”. Desses, foram analisados os 32 disponíveis gratuitamente e que se mantinham em funcionamento online. As informações da ficha catalográfica foram coletadas em formato tabular, disponibilizado online³ e servirão de insumo para análises futuras. A seguir, o resultado resumido da classificação – reflexões e interpretações dos resultados podem ser encontradas na seção de discussão:

Quadro 1 - Resultado resumido da classificação de projetos.

Cada célula representa um projeto classificado

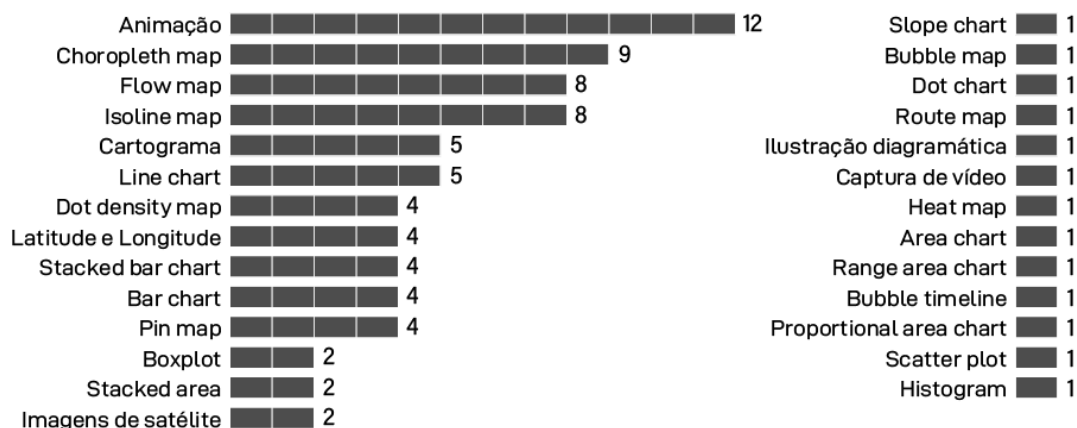
ID	Valores únicos para cada projeto							
Título	Valores únicos para cada projeto							
Origem	FlowingData							
Link	Valores únicos para cada projeto							
Data de publicação	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Autores	Valores únicos para cada projeto							
Instituição	The New York Times			NatGeo		Reuters		
Fonte dos dados	Valores únicos para cada projeto							
Assuntos	Valores únicos para cada projeto							
Tipo de dados	Sistema Terra					Socio.		
Referencial temporal	Passado		Presente		Passado e Presente			
Escala temporal	Décadas		Anos		Séculos			
Escala geográfica	Mundo		Cidade		Continente			
Natureza do dado	Observado				Observado e Projetado			
Tem interação	Não				Sim			
Permite input	Não				Sim			
Representações	Abstrata			Abstrata e Figurativa			Figurativa	
Estrutura de visualização	Ver figura 2							
Dimensões	Valores únicos para cada projeto							
Acompanha texto explicativo	Sim							
Acompanha metodologia	Não				Sim			
Protagonista	Não-humano			Humano			Humano e Não-h.	
Leitura da visualização	Exploratória					Explanatória e Exploratória		
Observações	Valores únicos para cada projeto							

FONTE: Elaborado pelo autor.

Considerando as estruturas de visualização mais empregadas nos projetos classificados, temos o seguinte uso pelos projetos:

3 Disponível em <<https://bit.ly/3EcaZPt>>

Quadro 2 - Resultado da classificação de estruturas de visualização dos projetos



FONTE: Elaborado pelo autor

4.2 Prova de conceito

Na etapa de prova de conceito, determinamos três requisitos para a visualização de dados a ser desenvolvida a partir das perguntas da etapa de análise (apresentadas na seção de discussão). Em seguida, empreendemos a busca e coleta de conjuntos de dados climáticos de livre acesso a serem utilizados na visualização a partir do repositório *Data Is Plural*⁴, um agregador de bancos de dados públicos e gratuitos em diversos temas. Na data da escrita deste artigo, o repositório possuía 1.261 entradas relativas a diferentes bases de dados. Dessas, 20 mencionam o termo “*climate*” e disponibilizam links de acesso para download dos dados em formato tabular.

Foram selecionados três que dizem respeito à problemática deste trabalho e cujas estruturas e tamanhos permitem análise em máquina local e comparação entre séries históricas: *AnAge Database of Animal Ageing and Longevity*⁵, uma base de dados contendo registros de longevidades de vida de mais de 4.200 espécies de animais (TACUTU et al, 2018); *Berkeley Earth Estimated Global Land-Surface*⁶, uma base de dados sumarizada contendo registros de anomalias de temperatura média da superfície da terra em relação à média observada entre janeiro de 1951 e dezembro de 1980, com dados agregados anualmente no período entre 1750 e 2020 e apresentados em

4 Disponível em <<https://www.data-is-plural.com/archive/>>

5 Disponível em <<https://genomics.senescence.info/species/index.html>>

6 Disponível em <http://berkeleyearth.lbl.gov/auto/Global/Complete_TAVG_summary.txt>

graus celsius (ROHDE; HAUSFATHER, 2020); e NOAA EPICA Dome C - 800KYr Temperature Estimates⁷, uma base de dados sumarizada de paleoclima contendo estimativas de variação de temperatura em relação à média observada nos últimos 1000 anos, com dados correspondem ao período dos últimos 800 mil anos (JOUZEL et al, 2007).

Desenvolvemos então gráficos iniciais para compreender o conjunto de dados usando pacotes da coleção *tidyverse* no software estatístico R e *sketches* para sugerir caminhos para o design da visualização.

A solução melhor apta a atender aos requisitos foi, então, explorada em maior profundidade e desenvolvida nos softwares Adobe Illustrator e Adobe After Effects no formato de uma visualização animada que sugere os comportamentos da visualização a partir da interação do usuário em uma página web a ser desenvolvida futuramente.

A partir dos questionamentos, formulamos os seguintes três requisitos para uma visualização no escopo deste trabalho:

1. Representar a crise climática conjugando dados relativos a humanos e não-humanos (a partir do questionamento baseado nas ideias de Anna Tsing);
2. Representar dados da crise climática como contexto para outros dados em uma cadeia de associações (a partir do questionamento baseado nas ideias de Arjun Appadurai);
3. Representar a crise climática em escalas temporais ou espaciais extensas, abrangendo períodos além da longevidade humana (a partir do questionamento baseado nas ideias de Timothy Morton).

Os *sketches* iniciais do projeto partiram dos requisitos 1 e 2, explorando formas gráficas que permitam uma continuidade crescente de formas em sequência, como a forma dos círculos concêntricos. Ela permite dar à continuidade do tempo não um caráter linear, mas de expansão, do interior para o exterior, de maneira que uma escala temporal esteja contida dentro de outra (como a longevidade da vida de uma espécie que contém a de outras espécies). A exploração dessas formas levou ao trabalho de Emanuele Bevacqua (2018), adaptado das “listras de clima” (*climate stripes*) de Hawkins (2018), que poderia ser utilizado como ponto de partida para as informações de longevidade. Em conjunto com um comportamento de readequação das escalas ao longo da animação, seria possível sugerir a multidimensionalidade dos dados.

⁷ Disponível em <https://www.ncei.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/epica_domec/edc3deuttemp2007.txt>

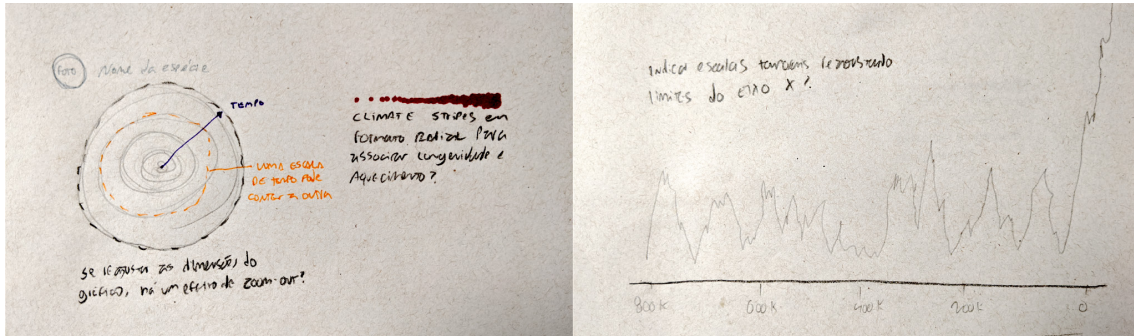


FIGURA 1. Sketches conceituais das codificações da visualização. Fonte: fotografia do autor

A etapa seguinte foi de exploração da distribuição de longevidades disponíveis na base de dados *AnAge* (de 0,04 anos de vida, no caso de uma espécie de levedura, a 15 mil anos de vida, no caso das esponjas *Hexactinellida*). Para conjugar essas distribuições extensas com os dados de aquecimento seria necessário atestar as distribuições dos conjuntos de dados selecionados e avaliar a possibilidade e adequação de comparar dados de aquecimento com de longevidade de vida de espécies.

Os dados de anomalias de temperatura de *Berkeley Earth* foram então representados em alguns gráficos iniciais para exploração da distribuição do conjunto de dados em diferentes codificações, incluindo a de círculos concêntricos, em uma paleta de cores térmica. Esses dados compreendem um período de 270 anos, iniciado dez anos antes do início da Revolução Industrial – período condizente com o início da alta exponencial em emissões de carbono (STEFFEN et al, 2015). Esse período é mais extenso do que a longevidade humana, mas insuficiente para cobrir as espécies no topo da distribuição do dataset *AnAge*. A unidade mínima de um ano por aferição também apresenta um desafio para representar as espécies de longevidade inferior a esse número.

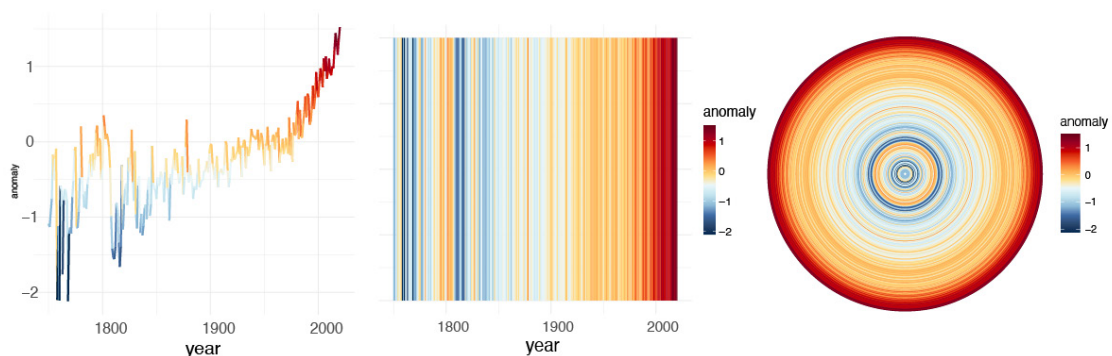


FIGURA 2. Dados de anomalias de temperatura de Berkeley (1750-2020) em três representações (linhas, tiles e círculos concêntricos). Fonte: gerado pelo autor

Os mesmos gráficos foram gerados também usando dados da base de paleoclima da NOAA, que abrangem um período de centenas de milhares de anos (entre 800.000 aC e 1911). Essas temporalidades seriam mais do que suficientes para dar conta de grandes longevidades, mas apresentam um desafio para espécies de menor longevidade devido às unidades mínimas de aferição de décadas. Além disso, definir onde situar o início das longevidades das espécies em relação aos dados de aquecimento são também um desafio: iniciar o tempo de vida das espécies em um período muito anterior ao de suas existências pode configurar um anacronismo que resulte em distanciamento por parte do leitor, ao mesmo tempo que definir qual a periodicidade adequada para todas elas demandaria uma análise mais aprofundada sobre as espécies.

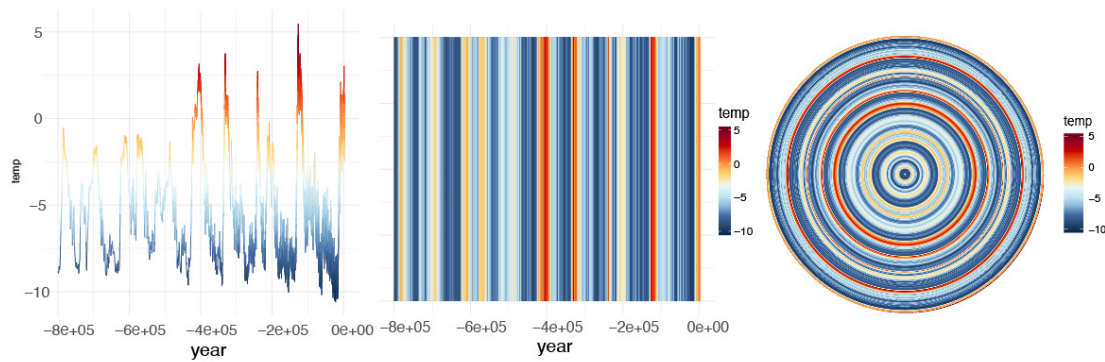


FIGURA 3. Dados de paleoclima (800.000aC-1911) em três representações (linhas, tiles e círculos concêntricos)Fonte: gerado pelo autor.

Com essas considerações, optamos por abandonar a base de dados de paleoclima da NOAA em favor da base de *Berkeley Earth*, descartando assim, também, as escalas de temporalidade nos extremos da distribuição do dataset *AnAge* (composto agora de um range de 1 a 270 anos de vida).

Para fins de brevidade da prova de conceito, foi selecionada uma amostra de 9 espécies representativas de longevidades de diferentes ordens de grandeza e ainda condizentes com o período de 270 anos de dados de aquecimento disponíveis). As longevidades de vida dessas espécies foram visualizadas em círculos concêntricos para análise:

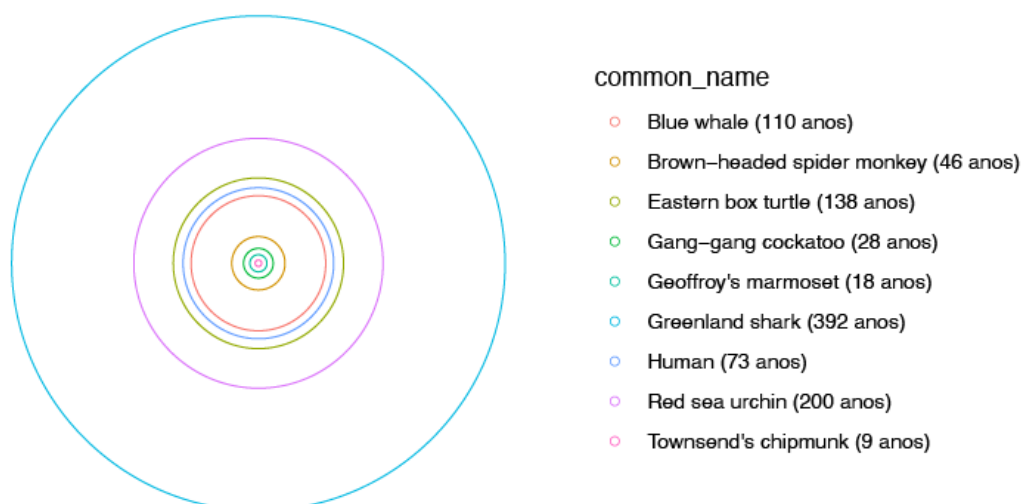


FIGURA 4. Longevidade média de 9 espécies selecionadas. Fonte: gerado pelo autor.

A prova de conceito final⁸ consiste dos gráficos gerados em R finalizados em Adobe After Effects, sugerindo as animações que seriam iniciadas pelo usuário em uma página web a ser desenvolvida futuramente. As codificações utilizadas são descritas na legenda a seguir:

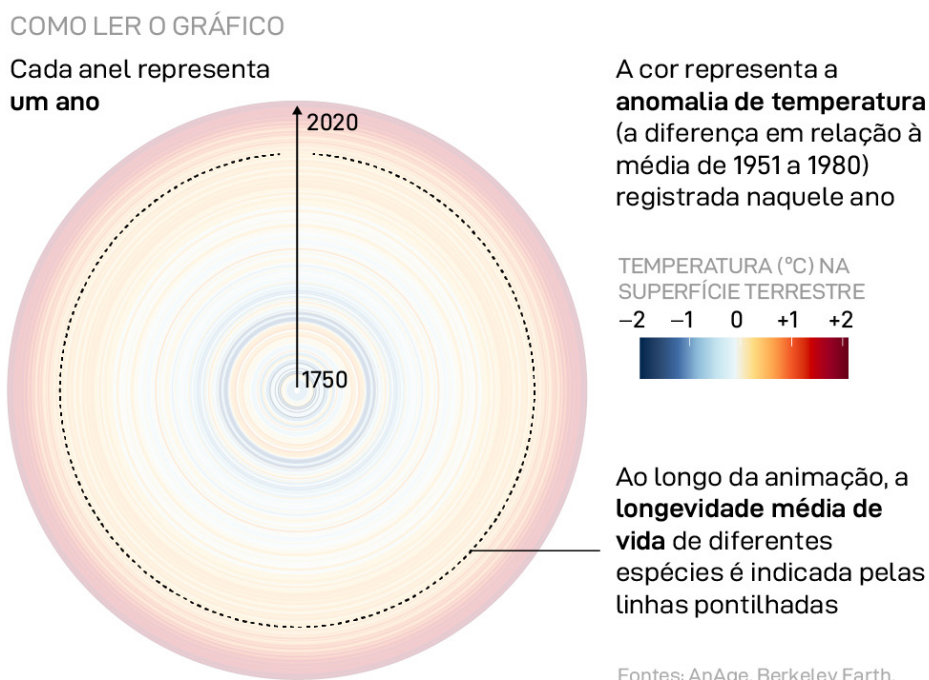


FIGURA 5. Legenda explicativa da visualização animada. Fonte: gerado pelo autor.

8 Disponível em <<https://flowingdata.com/>>

5 Discussão

A classificação de projetos trouxe à tona reflexões sobre as escolhas de design empregadas na visualização de dados climáticos. Em termos de protagonistas das visualizações (informação que diz respeito a se as visualizações representam humanos ou não-humanos), a maior parte dos projetos se concentra apenas em uma das opções – visualizando, por exemplo, o ritmo de extinções de espécies ou a temperatura atmosférica isoladamente. Apenas cinco projetos conjugavam o impacto humano e não-humano – visualizando por exemplo dados de umidade em conjunto com níveis de reservas de água, ou visualizando métricas de impacto humano sobre o oceano, por exemplo.

Tabela 1. Contagem de projetos por classificação de “protagonista”.

Protagonista	Quantidade de projetos
Não-humano	14
Humano	13
Ambos	5

Fonte: levantado pelo autor

O debate acerca da compreensão não-humana do Antropoceno tem ganhado cada vez mais espaço dentre as humanidades como uma chave para perspectivas que mitiguem os efeitos das mudanças climáticas ao desviar o ser humano do centro da atenção na crise. A antropóloga Anna Tsing se refere ao conceito de “agregado multiespécies” como um tipo de interação interespecífica pouco lembrada na discussão sobre meio ambiente e biodiversidade, mas potencialmente importante para compreender a posição e responsabilidade humanas sobre o planeta.

O termo descreve, por exemplo, relações de simbiose e dependência entre espécies (como por exemplo a microbiota intestinal em mamíferos) que, segundo essa visão ecológica, formam uma terceira forma de vida maior do que suas partes e faz com que qualquer forma de vida embrenhada na rede de relações entre seres vivos seja, com efeito, indissociável e virtualmente indistinguível das outras ao seu redor. Toda forma de vida é, assim, um “‘algo mais’ de bactérias que brincaram com diversas formas de sobrevivência e se saíram bem como extensões simbióticas multicelulares” (TSING, p. 92, 2019).

Nesse contexto, como a visualização de dados poderia, então, dar conta dessa indissociação entre formas de vida humanas e não-humanas, ao representar a crise climática?

Em termos de referencial temporal, a maior parte dos projetos utiliza dados contendo aferições de acontecimentos passados, enquanto apenas três projetos dizem respeito apenas a dados futuros (frutos de modelos e

projeções). Quatro projetos utilizam conjugam temporalidades distintas, visualizando dados passados, do momento presente (à data da publicação) e projeções futuras.

Tabela 2. Contagem de projetos por classificação de “referencial temporal”.

Referencial temporal	Quantidade de projetos
Passado	12
Presente	6
Passado; Presente	5
Passado; Presente; Futuro	4
Futuro	3
Presente; Futuro	2

Fonte: levantado pelo autor

A previsão de cenários futuros é parte integral da compreensão da crise climática – não apenas ao nos permitir planejar medidas concretas a serem tomadas para limitar o grau de aquecimento da temperatura terrestre –, mas pelo próprio gesto de imaginar como os modos de vida atuais podem se estender pelo futuro. No Antropoceno, o consenso científico coloca em xeque a própria ideia de vislumbrar futuros para muitas populações.

O antropólogo Arjun Appadurai, ao se referir ao futuro como um “fato cultural”, descreve o potencial do design como um mecanismo de criação de futuros. Em sua visão de design ecológico, todo artefato de design é, ao mesmo tempo, um objeto e um contexto para outros objetos – sejam eles naturais ou projetados. Um edifício projetado por um designer, por exemplo, é ao mesmo tempo um objeto em si e um contexto para o projeto de outros objetos (como a decoração dos ambientes, ou os papéis de parede, etc). Dessa forma, todo objeto se insere em uma cadeia de associações semelhante a passagem do tempo que engendra a produção dos objetos ao seu redor, de maneira expansiva.

Como a visualização de dados poderia, então, representar essa cadeia temporal de associações e contextos?

Em termos de escalas temporais, a maior parte dos projetos visualiza dados da ordem de anos e décadas. Apenas um projeto utiliza de visualizações em diferentes escalas (anos, décadas, séculos e milênios) compondo um panorama granular de escalas temporais distintas.

Tabela 3. Contagem de projetos por classificação de “escala temporal”.

Escala temporal	Quantidade de projetos
Décadas	12
Anos	8

Séculos	6
Séculos; Meses	1
Séculos; Anos	1
Milênios; Séculos; Décadas; Anos	1
Horas	1
Dias	1
Anos; Dias	1

Fonte: levantado pelo autor

Um dos aspectos desafiadores da ideia de Antropoceno e que está no centro dos debates da classificação dessa era é a noção de que o impacto dos comportamentos e modos de vida atuais não só são duradouros, mas podem se estender por escalas temporais inimagináveis, com efeitos muitas vezes irreversíveis sobre outras formas de vida que dividem o planeta.

A noção de “hiperobjeto” proposta pelo filósofo Timothy Morton (2010) toca precisamente nesse ponto ao descrever fenômenos e objetos cujas escalas temporais e espaciais são tão imensas, ou microscópicas, que desafiam a cognição humana. Uma das características principais desses objetos é o que Morton denomina multidimensionalidade, a capacidade de hiperobjetos de ocupar múltiplas dimensões temporais (se estendendo por décadas ou milhões de anos, como no caso da radiação nuclear, por exemplo) e espaciais (ocupando desde o espaço físico visível até o invisível, como no caso dos microplásticos).

Ser capaz de formar imagens mentais e, mais do que isso, tangibilizá-las em representações visuais é, segundo o autor, uma das formas mais prementes de dimensionar uma crise complexa para a esfera de ação humana.

Como a visualização de dados pode dar conta de representar escalas espaciais e temporais tão amplas e distintas?

A prova de conceito realizada a partir desses questionamentos combinou representações de dois datasets distintos em círculos concêntricos, obtendo uma visualização que poderia responder aos requisitos (ou seja, conjugando dados humanos e não-humanos, representando dados como contexto para outros dados e representando escalas além da humana) e que se propõe a um exercício de imaginação: como diferentes espécies teriam testemunhado o aquecimento global se tivessem nascido em um mesmo ano?

Haveria, ainda, outras formas de conciliar escalas da ordem de horas ou dias com escalas da ordem de séculos ou milênios – sugerindo os conceitos trabalhados nas questões norteadoras. A inclusão de outras formas de vida não contidas no conjunto de dados *AnAge* é, também, um campo fértil

para a representação dos agregados multiespécies. Além disso, outros caminhos, como a visualização de dados espaciais, ainda podem ser explorados.

Há, ainda, referenciais teóricos que podem nortear a continuidade do projeto, como a ideia de “escalas aninhadas” de Anna Tsing, citando diretamente a recontextualização providenciada por ferramentas de “zoom” que, segundo ela, sugerem uma ideia de “escalabilidade” sem paralelos na natureza.

6 Considerações finais e próximos passos

A articulação iterativa de teoria e prática no desenvolvimento de conhecimento pelo design é um campo fértil para a articulação de respostas a diferentes problemas contemporâneos – e aqueles complexos e capciosos como os característicos do Antropoceno representam um campo em potencial para o diálogo entre praticantes de design e pesquisadores de diversas áreas. O registro das etapas projetuais e das reflexões proporciona uma oportunidade de abertura de diálogo acerca de formas de endereçar os desafios ambientais que enfrentamos enquanto sociedade. A pesquisa realizada aqui fornece justamente uma dessas linhas de diálogo.

A prova de conceito pode, ainda, ser desenvolvida tanto enquanto artefato de design funcional e pronto para o uso geral quanto como veículo para a formulação de novas reflexões. É possível explorar a implementação de aspectos interativos que potencialmente poderiam alterar a visualização sob medida (por exemplo: permitindo a escolha do ano inicial, filtro de espécies, escolha de dados de temperatura relativos a certas regiões do globo, etc). A inclusão de novos projetos oriundos de outras fontes e de outras origens culturais na amostra de projetos classificados também pode levar à formulação de novos questionamentos e requisitos que, por sua vez, podem informar outras provas de conceito de visualização. Queremos, assim, dar continuidade à pesquisa de maneira iterativa, realizando novos ciclos de coleta, classificação, projeto e design que abram caminhos de reflexão para compreender, dimensionar e endereçar a crise climática.

Referências

APPADURAI, Arjun. **The future as cultural fact: Essays on the global condition**. Verso Books, p. 262, 2013.

BEVACQUA, Emanuele. **Climate Change Visualizations**. 2018.
Disponível em: <<https://emanuele.bevacqua.eu/climatevisuals/>>. Acesso em: 10/04/2021.

- CAIRO, Alberto. **The functional art: an introduction to information graphics and visualization**. Berkeley, CA: New Riders, 2013.
- COPELIN, Laura et al. **Hyperobjects for Artists**. Marfa, Texas: Ballroom Marfa, 2018. Disponível em: <<https://thecreativeindependent.com/library/hyperobjects-for-artists/>>. Acesso em 05/04/2022.
- CRUTZEN, Paul J.; STOERMER, Eugene F. **The Anthropocene**. Global Change Newsletter 41: 17–18, 2000.
- D'IGNAZIO, Catherine; KLEIN, Lauren F. **Data feminism**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2020. (Strong ideas series).
- FERDIO. **The Dataviz Project**. Copenhagen, 2015. Disponível em: <<https://datavizproject.com/>>. Acesso em: 10/04/2021.
- FESTI, Giacomo. **Infographics between figures and figurative language**. Signata. Annales des sémiotiques / Annals of Semiotics, n. 10, 2019. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/signata/2342>>. Acesso em: 10/04/2021.
- FRANKEL, Lois; RACINE, Martin. **The Complex Field of Research: for Design, through Design, and about Design**. DESIGN AND COMPLEXITY - DRS INTERNATIONAL CONFERENCE, Montreal, Canada, 2010. Anais eletrônicos... Montreal, Canada, 2010. Disponível em: <<https://dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2010/researchpapers/43>>. Acesso em: 10/04/2021.
- HARAWAY, Donna. **Antropoceno, Capitaloceno, Plantationoceno, Chthuluceno: fazendo parentes**. Campinas: ClimaCom, 2016. Disponível em: <<http://climacom.mudancasclimaticas.net.br/antropoceno-capitaloceno-plantationoceno-chthuluceno-fazendo-parentes/>>. Acesso em 05/04/2022.
- HAWKINS, Ed. **Warming stripes for 1850-2018 using the WMO annual global temperature dataset**. Climate Lab Book, 2018. Disponível em: <<http://www.climate-lab-book.ac.uk/2018/2018-visualisation-update/>>. Acesso em: 10/04/2021.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change: The IPCC Scientific Assessment, First Assessment Report**. Geneva:

WMO, 1990. Disponível em: <https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_first_assessment_1990_wg1.shtml>. Acesso em 05/04/2022.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>>. Acesso em 05/04/2022.

JOUZEL, Jean et al. **Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800,000 Years**. *Science*, Vol. 317, No. 5839, pp.793-797, 2007.

LATOUR, Bruno. **Onde Aterrorar? Como se orientar politicamente no Antropoceno**. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2020.

LOVELOCK, John Ephraim. **Gaia as seen through the atmosphere**. *Atmospheric Environment*, v. 6, n. 8, p. 579–580, 1972.

MORTON, Timothy. **The ecological thought**. Harvard University Press, 2010

MORTON, Timothy. **Introducing the idea of ‘hyperobjects’**. *High Country News*, 47(1), 2015. Disponível em: <<https://www.hcn.org/issues/47.1/introducing-the-idea-of-hyperobjects>>. Acesso em: 10/04/2021.

RITTEL, Horst W. J.; WEBBER, Melvin M. **Dilemmas in a general theory of planning**. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169, 1973.

ROHDE, Robert A.; HAUSFATHER, Zeke. **The Berkeley Earth Land/Ocean Temperature Record**. *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 3469–3479, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/essd-12-3469-2020>>. Acesso em: 10/04/2021.

STEFFEN, Will et al. **The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration**. *The Anthropocene Review*, v. 2, n. 1, p. 81–98, 2015. Disponível em: <<https://www.pnas.org/content/115/33/8252>>. Acesso em: 10/04/2021.

TACUTU, Robi et al. **Human Ageing Genomic Resources: new and updated databases**. Nucleic Acids Research 46(D1):D1083-D1090. Disponível em: <<https://genomics.senescence.info/species/index.html>>. Acesso em: 10/04/2021.

TSING, et al. **Arts of Living on a Damaged Planet: Ghosts and Monsters of the Anthropocene**. University of Minnesota Press, 2017.

TSING, Anna. **Viver nas ruínas: paisagens multiespécies no Antropoceno**. Brasília: IEB Mil Folhas, p. 92, 2019.-

Como referenciar

ALMEIDA, Rodolfo; KOSMINSKY, Doris. Escalas em aquecimento: reflexões teóricas e projetuais sobre o design de uma visualização digital de dados de aquecimento global. **Arcos Design**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, pp. 139-160, jan./2023. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/arcosdesign>.

DOI: <https://www.doi.org/10.12957/arcosdesign.2023.71087>



A revista **Arcos Design** está licenciada sob uma licença Creative Commons Atribuição – Não Comercial – Compartilha Igual 3.0 Não Adaptada.

Recebido em 8/10/2022 | Aceito em 8/11/2022