

REVISTA DE ARQUEOLOGIA

Volume 36 No. 2 Maio - Agosto 2023

ARTIGO

ECOARQUEOLOGIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: DA RESILIÊNCIA PRÉ-HISTÓRICA À SUSTENTABILIDADE CONTEMPORÂNEA

Diogo Menezes Costa*

RESUMO

A arqueologia pode ajudar a enfrentar o problema ambiental contemporâneo, pois fornece informações valiosas sobre estratégias de adaptação a mudanças climáticas. Esta percepção pode ser usada para construir resiliência para as comunidades modernas e seus patrimônios. Além disso, a arqueologia pode contribuir para a construção de uma sustentabilidade patrimonial ao aplicar uma ontologia objeto-orientada e atitudes mais-do-que-humanas, para considerar a influência de hiperobjetos no meio ambiente. Conhecimento este que pode ajudar a construir uma resiliência global para as comunidades modernas, e seus patrimônios afetados pelas mudanças climáticas. Este trabalho faz uma revisão bibliográfica e crítica de recentes e principais textos estrangeiros e nacionais, sobre o assunto das mudanças climáticas e os patrimônios arqueológicos, que abarcam desde uma percepção mais antiga, em que o saber arqueológico fornece um imenso repositório de diferentes estratégias adaptativas para ambientes locais e regionais. Até uma abordagem que propomos aqui mais *plástica*, em que a sustentabilidade patrimonial está alicerçada em ações presentes e futuras, para e com a cultura material da Paleopoluição.

Palavras-chave: resiliência ambiental; sustentabilidade patrimonial; estratégias de adaptação.

* Universidade Federal do Pará, CNPq-Brasil. E-mail: dmcosta@ufpa.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4220-8332>.

EOARCHEOLOGY OF CLIMATE CHANGE: FROM PREHISTORIC RESILIENCE TO A CONTEMPORARY SUSTAINABILITY

ABSTRACT

Archaeology can help address the contemporary environmental problem, since it provides valuable information on strategies for adapting to climate change. This insight can be used to build resilience for modern communities and their heritage. Additionally, archaeology can contribute to the construction of heritage sustainability by applying an object-oriented ontology and more-than-human attitudes to consider the influence of hyperobjects on the environment. This knowledge can help build a global resilience for modern communities, and their heritage affected by climate change. This work provides a bibliographical and critical review of recent and major foreign and national texts about climate change and archaeological heritage, that encompasses from an older perspective, in which archaeological knowledge provides an immense repository of different adaptive strategies for local and regional environments, to a more *plastic* approach proposed here, in which heritage sustainability is grounded in present and future actions, for and with the Paleopollution material culture.

Keywords: environmental resilience; heritage sustainability; adaptation strategies.

EOARQUEOLOGÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO: DE LA RESILIENCIA PREHISTÓRICA A LA SOSTENIBILIDAD CONTEMPORÁNEA

RESUMEN

La arqueología puede ayudar a enfrentar el problema ambiental contemporáneo por proporcionar información valiosa sobre las estrategias de adaptación al cambio climático. Esta perspectiva se puede utilizar para construir resiliencia en las comunidades modernas y su patrimonio. Además, la arqueología puede contribuir a la construcción de una sostenibilidad patrimonial aplicando una ontología orientada-hacia-objetos y actitudes más-allá-de-lo-humano, para considerar la influencia de los hiperobjetos en el medio ambiente. Este conocimiento puede ayudar a construir una resiliencia global para las comunidades modernas y su patrimonio afectado por el cambio climático. Este trabajo realiza una revisión bibliográfica y crítica de textos recientes y principales, tanto extranjeros como nacionales, sobre el tema del cambio climático y el patrimonio arqueológico, que abarca desde una perspectiva más antigua, en la que el conocimiento arqueológico proporciona un inmenso repositorio de diferentes estrategias adaptativas para los entornos locales y regionales, hasta un enfoque más *plástico* que se propone aquí, en el que la sostenibilidad patrimonial se basa en acciones presentes y futuras para y con la cultura material de la Paleopolución.

Palabras clave: resiliencia ambiental; sostenibilidad patrimonial; estrategias de adaptación.

A arqueologia, sugerimos, pode ser uma maneira particularmente útil de pensar sobre essas conexões perturbadoras entre o natural e o artificial, e estudar os processos reais de produção, uso e descarte de artefatos no contexto das mudanças climáticas globais.

(HUDSON *et al.*, 2012, p. 9)

INTRODUÇÃO

Mesmo não sendo um consenso entre os próprios pesquisadores da arqueologia, é inegável que o conhecimento do passado pode e afeta a tomada de decisões futuras. Estas reconstruções ou até mesmo recriações históricas as quais a arqueologia se propõe, têm como foco central preencher lacunas; entre o que é factualmente sabido e o que pode ser cientificamente imaginado. Os dados para isso não são simplesmente uma coletânea de materialidades deixadas por nossos ancestrais em diversas épocas e locais, os quais são garimpados por meio de um árduo trabalho de coleta, catalogação e interpretação dos chamados vestígios arqueológicos, mas sim – e também – um conhecimento socialmente construído.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)¹, desde seu quarto relatório de resultados (AR4), tem evidenciado inequivocadamente que desde o ano de 1750 AD ocorre um aumento significativo dos gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera terrestre, por consequência de determinadas ações humanas. Desta forma, atividades como a queima de combustíveis fósseis e o desflorestamento por queimadas para expansão da agricultura e agropecuária provocam diretamente, ao longo dos anos, um aumento sistemático na concentração de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), respectivamente, no ar (NOORT, 2011).

Mas, como algumas peças esquecidas de um quebra-cabeça agora extinto podem se encaixar em uma imagem global de crise? Por que tais peças foram estabelecidas pelas transformações ambientais ocasionadas pela ação humana nos últimos tempos?

Neste cenário, o que a arqueologia tem a oferecer a este debate histórico é um laboratório natural da raça humana, para analisar a intrínseca relação entre mudanças climáticas e práticas culturomateriais, tendo o passado como um experimento completo, porém inacessível em algumas de suas partes. É possível, portanto, examinar qualitativamente e quantitativamente estas relações humano-natureza em multiescalas espaciais e temporais.

Desde os trabalhos de Crutzen e Stoermer nos anos 2000, nos quais a discussão sobre o Antropoceno tem tomado o cotidiano científico e acadêmico como uma nova época geológica que sucede e suplanta o Holoceno – mesmo que discussões sobre a sua cronologia ou outras controvérsias ainda estejam em voga – o conceito hoje se alastrou para além das bancadas e plenárias científicas, e agora é uma discussão também política; não só sobre o presente, mas principalmente sobre o nosso futuro. Esta “idade do homem” orbita os impactos ambientais causados desde a revolução industrial, ou as ditas pegadas

¹ O IPCC foi criado pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa Ambiental da Organização Mundial das Nações Unidas em 1988.

de carbono² deixadas pela nossa sociedade contemporânea, e que tem só aumentado nos últimos 250 anos (PÉTURSDÓTTIR, 2017).

Exponencialmente, as ciências humanas têm argumentado que quanto mais distante no tempo se encontra uma sociedade, mais está associada a seu meio ambiente; portanto, esta relação simbiótica entre o homem e a natureza é passível de ser mais vista por uma ótica evolucionista e retrógrada. Por outro lado, quanto mais nos aproximamos do presente o pressuposto inverso ocorre, sendo que a separação entre natureza e cultura está no próprio amago do ideário moderno. Porém, longe desses essencialismos, e do ponto de vista estritamente teórico e prático, é inegável a contribuição da percepção científica do que seja natural e artificial para o mundo de hoje.

A relação entre dados arqueológicos e estudos ambientais vem desde o século XIX, e pioneiros como Japetus Steenstrup³ (1813-1897) já correlacionavam determinados ambientes florestais com períodos distintos da presença humana, assim como a formação não natural dos sambaquis ou concheiros⁴. Ao longo do tempo a arqueologia foi tratando a relação humano-natureza dentro de três preceitos teóricos e espaço-temporais: o histórico-culturalismo, o processualismo e pós-processualismo.

O primeiro referencial teórico de cunho histórico-culturalista vai ter nas obras de Gordon Childe sobre a “teoria do oásis”⁵, e de Gustaf Kossina sobre a “paisagem de ocupação”⁶; uma referência ainda discutida por trabalhos envolvendo a reconstrução de paleoambientes. Outras contribuições incluem também os trabalhos de Grahame

² É o cálculo da emissão total de gases de efeito estufa (GEEs), como o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), nas atividades humanas de produção, uso e descarte de produtos ou serviços no planeta.

³ Steenstrup visitou o Brasil em 1843 e estudou sambaquis na costa do país. Ele realizou uma análise detalhada das conchas encontradas nos sambaquis e concluiu que eles foram criados por povos antigos que viviam em áreas costeiras e que dependiam fortemente da pesca. Steenstrup também trabalhou com outros cientistas para explorar as origens dos sambaquis e como eles foram formados ao longo do tempo. Seu trabalho pioneiro na análise de sambaquis foi importante para o desenvolvimento da arqueologia costeira e para a compreensão da história das comunidades pré-históricas que habitavam estas áreas no Brasil e de outros lugares no mundo.

⁴ Os sambaquis são montes de conchas e outros restos de alimentos que foram deixados por povos pré-históricos em várias paisagens costeiras e fluviais, incluindo o Sul, Nordeste e Norte do Brasil.

⁵ A teoria do oásis de Gordon Childe foi proposta pela primeira vez em sua obra *The most Ancient East: the oriental prelude to European prehistory*, publicada em 1928. Nela, o autor argumentou que a civilização na região do Oriente Médio e do Mediterrâneo se desenvolveu em torno de oásis verdes, onde as pessoas podiam se estabelecer e cultivar a terra, os quais permitiram que as populações locais sobrevivessem durante períodos de clima árido e que o desenvolvimento da agricultura nessas áreas foi um fator chave para o surgimento da civilização. A teoria do oásis foi uma das principais contribuições de Childe para a arqueologia e sua obra continua a ser estudada e debatida até hoje.

⁶ A obra de Gustaf Kossina que fala sobre a “paisagem de ocupação” é *Die Herkunft der Germanen*, publicada originalmente em 1911. Nessa obra, o autor argumenta que a cultura material dos germânicos pode ser usada para reconstruir sua história e que a paisagem de ocupação, ou seja, a distribuição geográfica dos sítios arqueológicos germânicos, é um importante indicador dessa história. Kossina identifica três principais fases na história germânica, cada uma associada a uma paisagem de ocupação diferente: a fase nórdica, a fase da planície germânica e a fase da planície do Danúbio. A teoria de Kossina sobre a paisagem de ocupação influenciou o desenvolvimento da arqueologia proto-germânica e teve grande impacto na concepção da história antiga desta região na Europa.

Clark em Star Carr⁷, com o envolvimento de cientistas das áreas naturais para coleta de informações sobre meio ambiente e clima. Porém, estas abordagens ao longo dos anos acabaram ficando rotuladas como uma simples percepção funcional-evolucionistas das sociedades no meio ambiente.

De outra forma, já no rompante do processualismo de Lewis Binford e David Clark na década de 1960, o determinismo ecológico vai ter muito mais força, em que a própria cultura acaba sendo substituída por comportamentos biológicos, possuindo no processo de adaptação seu grande referencial para uma percepção também da evolução cultural. Nesta abordagem mais positivista da arqueologia, diversas especialidades vão surgir, como a arqueologia ambiental de Butzer e Dincauze⁸ ou a geoarqueologia de Waters⁹.

A crítica pós-processual atual, por outro lado, recai especificamente sobre um desenho de pesquisa que vise explorar as relações humano-natureza por uma perspectiva ambiental determinada e restritiva. Desta forma, as pressões ambientais externas são responsáveis por conduzirem as adaptações culturais locais. Porém, após a análise pós-processual, o próprio estudo sobre o ambiente adquire também um valor de construção humanístico e social, e aqui a agência do indivíduo toma conta da relação social com a natureza e seus impactos diretos na paisagem, ambientes e no próprio clima.

Porém, além da vista teórica, outra diferenciação ocorre também no campo metodológico. Assim, e do ponto de vista dos estudos climáticos, poucos trabalhos têm se consolidado da área da arqueologia, e muito devido a seu tipo de abordagem. Pois, de um lado, os cientistas que trabalham com dados climáticos utilizam corriqueiramente modelos preditivos para confirmação de suas hipóteses, baseados na observação sistemática dos sistemas de interação humano-ambiente. De outro, boa parte da pesquisa arqueológica na área ambiental ocorre da coleta de dados empíricos, com estudo *in loco* dos vestígios, e a elaboração de hipóteses explicativas a partir das observações em campo e laboratório.

⁷ Grahame Clark foi um arqueólogo britânico que realizou escavações em Star Carr, um sítio arqueológico na Inglaterra, na década de 1940 e 1950. Clark se destacou por sua abordagem pioneira à arqueologia ambiental e pela maneira como integrou o estudo do clima e do meio ambiente à análise arqueológica. Em Star Carr, Clark identificou e estudou vários fatores ambientais que influenciaram a vida dos habitantes pré-históricos do local. Ele observou a presença de diferentes tipos de solo, identificou espécies animais e vegetais que foram caçadas e coletadas e estudou os restos de plantas e animais presentes no sítio.

⁸ Ambos Butzer e Dincauze enfatizaram a importância de uma abordagem integrada para a arqueologia ambiental que incluísse a análise de dados arqueológicos, geológicos e ecológicos, e propuseram novas abordagens e técnicas para o estudo da interação entre as sociedades humanas e o ambiente. Seus trabalhos tiveram um impacto significativo no desenvolvimento da arqueologia ambiental como uma disciplina autônoma e influenciaram profundamente a pesquisa em arqueologia e meio ambiente até hoje. Butzer também propôs o uso de técnicas de sensoriamento remoto para o estudo da arqueologia ambiental, como a análise de imagens de satélite e fotografias aéreas, que permitiam a identificação de padrões e processos ambientais em grande escala, enquanto Dincauze propôs o uso de técnicas de datação geológica, como a datação por radiocarbono de sedimentos e solos, para estabelecer uma cronologia para as mudanças ambientais e sociais em um determinado local, ou na microescala.

⁹ Waters tem enfatizado a importância da análise de processos geológicos e geomorfológicos para o entendimento das atividades humanas no passado. Ele propôs uma série de técnicas para o estudo da geoarqueologia, incluindo a análise de sedimentos fluviais e lacustres, o uso de imagens de satélite e dados de sensoriamento remoto para a identificação de padrões e processos ambientais, e a análise de isótopos estáveis para a identificação de fontes de matéria prima utilizadas pelas sociedades humanas.

Desta forma, a maioria dos modelos climáticos utilizados nas previsões de impacto do IPCC, por exemplo, são confeccionados por economistas e estatísticos que reduzem a atitude humana somente ao plano infraestrutural, ou seja, econômico, populacional, tecnológico, energético ou de uso da terra. Assim, outros aspectos da vida humana como o psicológico, social, político e ideológico ficam excluídos, por não serem considerados relevantes na composição de tais modelos climáticos. Estas diferenças metodológicas ocorrem por estes “outros” dados serem considerados muito qualitativos e residentes em “narrativas”, o que restringe a participação de dados menos quantitativos como da antropologia, e em alguns casos da arqueologia também (ROSCOE, 2014).

Falando um pouco das contribuições da antropologia para a formalização de tais modelos climáticos, podemos também elencar os estudos da etnometeorologia¹⁰, que a tempos vem conceituando como as populações locais entendem e lidam com o clima regional. Estes modelos culturais que envolvem coletas etnográficas sobre a percepção do clima possuem um mapa psicossociológico do que são crenças e valores nucleares e periféricos em uma comunidade a este respeito, propiciando a sistematização e ampliação em um banco de dados para gerar uma compreensão melhorada das dinâmicas ideológicas sobre as mudanças climáticas na população (ROSCOE, 2014).

Este divisor epistemológico a tempos também vem sendo discutido na arqueologia, salvo algumas exceções (RICHER *et al.*, 2019). Ao longo do século XX houve um rápido crescimento na formulação de modelos climáticos com a incorporação de dados paleoclimáticos¹¹. As escalas temporais e espaciais simuladas em tais modelos climáticos ainda não condizem com as escalas locais encontradas nos vestígios arqueológicos. Porém, com o avanço da computação, nas técnicas de datação, o uso de sistemas de informação georreferenciada, e reduzindo a escala de previsão climática são os caminhos para uma maior interação da ciência arqueológica e climática.

Um dos exemplos desta interação entre os estudos climáticos e arqueológicos é a coleta de registros florísticos e faunísticos em sítios, e sua posterior utilização na interpretação do ambiente estudado. Portanto, a coleta sistemática de outros registros paleoambientais¹², como os constantes em sedimentos de lagos, espeleotemas, solo loesse

¹⁰ A etnometeorologia é uma subdisciplina da etnociência que estuda os conhecimentos, crenças e práticas das diferentes culturas e sociedades em relação ao clima e às condições meteorológicas. Por meio dela, os pesquisadores podem compreender como as sociedades originárias e tradicionais interpretam e respondem aos fenômenos climáticos, como a chuva, o vento, o sol e as tempestades, e como essas percepções podem afetar suas práticas cotidianas, como a agricultura, a pesca, a navegação e a medicina.

¹¹ Paleoclimatologia é o estudo do clima e suas variações durante o passado geológico, incluindo mudanças na temperatura, precipitação, umidade e outras variáveis climáticas. A disciplina se baseia em evidências geológicas e biológicas, como amostras de gelo, sedimentos marinhos e terrestres, corais, anéis de árvores e fósseis, que fornecem uma visão de longo prazo das condições climáticas passadas da Terra. O objetivo do estudo do paleoclima é entender a variabilidade natural do clima ao longo do tempo e identificar os fatores que influenciaram essas mudanças, incluindo processos naturais e atividades humanas. Essa compreensão é importante para a previsão de futuras mudanças climáticas e para o desenvolvimento de políticas e estratégias de mitigação (CROWLEY; NORTH, 1991).

¹² Paleoambiente pode ser interpretado como o conjunto de condições ambientais (tais como clima, geologia, topografia, hidrologia, entre outras) que prevaleceram em uma determinada região da Terra em épocas passadas. O estudo dos paleoambientes é uma área interdisciplinar que combina informações geológicas, paleontológicas, climáticas e ecológicas para reconstruir as condições ambientais de um determinado local no passado. As evidências utilizadas para inferir

ou sambaquis, exigem abordagens envolvendo também estudos de outras técnicas investigativas científicas como micropaleontologia, ou análises finas em geoquímica ou isotopia (BURKE *et al.*, 2021).

Portanto, estes registros ambientais locais providenciados pela arqueologia podem, em combinação com dados mais globais como os providenciados por núcleos de gelo polar, ajudar a refinar os modelos climáticos já em uso. Pois, se de um lado estes testemunhos de gelo retirados de grandes profundidades, tanto no círculo polar ártico quanto antártico, informam sobre a concentração de gases do efeito estufa, temperatura média da superfície do solo e ar, e fontes de humidade em relação aos polos, de outro, os detalhes regionais ou locais, ficam a cargo das investigações arqueológicas continentais, principalmente no equador e trópicos, onde vive a maioria da população humana.

A RESILIÊNCIA PRÉ-HISTÓRICA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A resiliência é definida como a capacidade de um sistema de absorver um distúrbio e se reorganizar, enquanto ocorre uma transformação para se adaptar e manter seu estado anterior. Isto implica uma capacidade humana de longo tempo para responder tanto a mudanças específicas quanto gerais, no clima e ambiente. No caso da resiliência específica, é a resposta coletiva a um estresse temporário, como a manutenção da segurança alimentar durante um período de seca ou praga, por meio de sistemas de irrigação ou cultivos mais resistentes. Já a resiliência geral é a capacidade total do sistema em responder às diversas mudanças específicas, como a mudança de uma matriz energética para um modelo mais sustentável e menos poluente. Estes modelos de resiliência, específicos ou gerais, não precisam sempre ser inovadores, e a arqueologia pode contribuir com inúmeras soluções já testadas por diversos grupos humanos, em diferentes locais e tempos distintos (JACKSON *et al.*, 2017).

Os estudos arqueológicos sobre impactos ambientais causados por atividades humanas têm se concentrado em duas esferas distintas: a primeira e mais atual tratam das alterações antropogênicas em ecossistemas regionais ou locais causados pelo esgotamento da fauna e/ou flora; ou o uso insustentável de recursos causados pela poluição de desenvolvimentos tecnológicos como a mineração (COSTA, 2011). Na segunda esfera, que é mais usual dentre os estudos, ocorre o inverso, ou seja, tratam das mudanças climáticas não humanas em nível regional ou local, e seus impactos sobre as sociedades humanas ao longo do tempo, como nas pesquisas sobre a transição Pleistoceno-Holoceno. De toda forma, ambos grupos de estudos são responsáveis por uma imensa coleta de dados primários sobre estes impactos ambientais e climáticos e em suas sociedades humanas contemporâneas (HUDSON *et al.*, 2012).

Porém, quais são as alternativas arqueológicas para o emprego de tal conhecimento, e em prol da resolução de um problema que assola toda a humanidade? É sabido que os sistemas socioambientais variam de modo significativo, qualitativamente e quantitativamente; entretanto, várias causas do estresse pelo qual estes sistemas passam, são resultado de outras poucas variáveis. Da mesma forma, a arqueologia contemporânea tem se empenhado em multivocalizar enormes dissonâncias sociais, a partir de uma

as características do paleoambiente podem incluir sedimentos, rochas, fósseis, dentre outros. O conhecimento dos paleoambientes é importante para entender a evolução da vida e dos ecossistemas ao longo do tempo, bem como para avaliar os impactos das mudanças ambientais na biodiversidade e na saúde dos ecossistemas.

atitude mais crítica da ciência e de seus integrantes. Entretanto, o discurso ambientalista não tem tido o mesmo acúmen, salvo algumas exceções como movimentos da “arqueologia verde”¹³ na Inglaterra durante os anos de 1980 e 1990 (HUDSON *et al.*, 2012).

Todavia, conceitos como o Antropoceno¹⁴ têm tomado de assalto várias ciências modernas desde o estabelecimento da humanidade como uma força geológica de mudança natural e global. Estas novas escalas de pensamento têm atingido vários saberes e gerado inquietudes, que estão para além do simples binômio natureza x humanidade. Seguindo, portanto, este momento de transformação, concordamos com Hudson *et al.* (2012) no estabelecimento de alguns potenciais contribuições da arqueologia para a discussão da crise ambiental contemporânea.

Primeiro é o entendimento que a ciência arqueológica possui sobre o colapso de diversas civilizações, em que o estudo sistemático de desastres civilizacionais pode conduzir a uma percepção dos próprios indícios presentes já em nossa sociedade atual, vide a política. Outro ponto a ser considerado é a crítica a uma construção moderna ou sanitária de divisão entre natureza e cultura. Neste caso, a arqueologia oferece igualmente um vasto campo de estudo sobre diversas sociedades contemporâneas e antigas, e em sua relação humana com o meio-ambiente.

Entretanto, pesquisas arqueológicas como os estudos paleoclimáticos e paleoambientais, que poderiam ajudar a compor uma perspectiva de mais longo prazo, sobre as relações humanas com o meio ambiente, são pouco, ou quase, não aproveitados nos estudos sobre as mudanças climáticas. Isto se deve ao fato de que as pesquisas arqueológicas sobre clima e ambientes no passado são em sua grande maioria realizadas em uma escala local ou regional, o que não condiz com a necessidade urgente de um panorama mais globalizado (NOORT, 2011).

Por outro lado, estas mesmas pesquisas arqueológicas também têm se tornado um grande reservatório de experiências humanas passadas sobre a nossa relação com a natureza, propiciando um enorme banco de dados sobre a adaptação humana ao passado climático e providenciando informações em diversas escalas temporais e espaciais; mas com impacto restrito, ou em alguns casos somente menosprezados para

¹³ Os arqueólogos verdes argumentavam que a arqueologia deveria ser vista como uma parte importante da gestão do patrimônio cultural e natural, e que as áreas arqueológicas deveriam ser preservadas e gerenciadas de forma sustentável para proteger tanto o patrimônio cultural como os ecossistemas naturais associados. O movimento da arqueologia verde envolveu uma ampla gama de abordagens e práticas, incluindo a realização de avaliações de impacto ambiental em áreas arqueológicas, a incorporação de técnicas de conservação ambiental nas práticas arqueológicas, e o desenvolvimento de programas de gestão do patrimônio cultural que incorporassem considerações ambientais. A arqueologia verde também incentivou a colaboração entre arqueólogos, conservacionistas e comunidades locais para desenvolver estratégias de gestão sustentável que considerassem as necessidades tanto da conservação do patrimônio cultural como da preservação do meio ambiente.

¹⁴ O Antropoceno é um termo que se refere a uma nova época geológica que teria se iniciado com a intensificação da atividade humana na Terra, que teve início na Revolução Industrial no final do século XVIII. O termo “Antropoceno” foi proposto como uma nova unidade geológica por cientistas em 2000, e tem sido amplamente utilizado desde então para descrever o período de tempo em que a atividade humana se tornou a principal força geológica e ambiental na Terra. O Antropoceno é caracterizado por mudanças significativas na composição atmosférica, com aumento das concentrações de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa, mudanças no uso da terra, com perda de biodiversidade e alterações climáticas, e também pela intensificação da globalização e do comércio.

compor o arcabouço teórico-conceitual dos estudos sobre as mudanças climáticas. (KAUFMAN *et al.*, 2018).

Entre as diversas transformações ambientais que as diferentes sociedades humanas têm sobrevivido ao longo dos tempos, e que são testemunhadas pela arqueologia, estão: o aumento do nível do mar desde o fim da era glacial, catástrofes naturais como erupções, terremotos, enchentes e tsunamis, e migrações populacionais transcontinentais, até o desaparecimento completo de fauna e flora locais devido ao uso não sustentável destes recursos, a introdução de novas espécies alienígenas por ação humana, ou por meio de impactos tecno-ambientais como a agricultura, pecuária e o urbanismo.

Portanto, a correlação entre os dados paleoambientais e mudanças climáticas existem em diversos estudos, tanto em níveis regionais, nacionais ou locais, como demonstram as comparações regionais entre os índices de precipitação ou aumento e diminuição do nível do mar no Caribe e a ocupação humana na região; ou também na dimensão nacional com a sistematização dos dados arqueológicos de localização e temporalidade em plataformas como um sistema geográfico de informação (SIG) e a inclusão dos dados paleoambientais desses mesmos sítios em Cuba. E por fim, na escala local, com a demonstração das modificações em padrões de assentamento, adaptação de estratégias de sobrevivência e mudanças na arquitetura doméstica demonstrando a resiliência das populações durante mais de 6.000 anos de convivência com impactos ambientais e climáticos no Caribe e na América Central (COOPER; PEROS, 2010).

Outros quatro exemplos que também apresentam uma relação direta entre os dados arqueológicos coletados em campo e os estudos paleoclimáticos e paleoambientais, correm na costa do Peru na América do Sul, noroeste da Mesopotâmia na Ásia Menor, vale do Penobscot na América do Norte e em Shetland na Grã-Bretanha. Providenciando uma enorme quantidade de registros sobre o clima e meio ambiente, estes estudos indicam desde a biogeografia faunística, análises isotópicas, estudos de solos e sedimentos, até padrões cronológicos de assentamento. Portanto, além dos dados regulares de micro e macrofósseis vegetais, estas e outras fontes arqueológicas de dados ambientais e climáticos desempenham um papel importante na reconstituição de determinados sistemas ecológicos (SANDWEISS; KELLEY, 2012).

Entre os diversos registros que a arqueologia faz da interação entre humanos e o meio ambiente estão as próprias interações com paisagem que grupos nativos ou tradicionais executam em determinados territórios a milênios. Portanto, alterações em regimes de temperatura e chuvas, por exemplo, alteram drasticamente esta relação, sendo que as sociedades mais atingidas com este fenômeno são em grande maioria as não industrializadas. O que o registro arqueológico tem demonstrado ao longo de anos de pesquisa, é que a seleção natural opera em uma variação biológica, mas longa; e que a sobrevivência de determinadas espécies tem relação direta com o manejo cultural da área (BURKE *et al.*, 2021), e conseqüentemente seu legado.

Desta forma, a diversidade cultural é a chave para uma resiliência ambiental de longa data. Partindo de uma abordagem indutiva, em que se principiasses correlacionar os dados arqueológicos com os eventos climáticos, a modelagem computacional propicia também uma abordagem dedutivista. Por meio de modelos computacionais, hipóteses são testadas em diversas escalas, sejam elas temporais e/ou espaciais. Por outro lado, uma vasta análise comparativa da cultura material ilustra as diversas escolhas adaptativas feitas por grupos humanos ao longo do tempo, e em diferentes biomas espalhados pelo

planeta. De tal modo, auxilia também na resolução de problemas estocásticos¹⁵, como o fenômeno do El Niño¹⁶. O registro arqueológico é, portanto, também uma coletânea de evidências de longa duração das diversas estratégias de adaptação da espécie humana ao meio ambiente (BURKE *et al.*, 2021).

Estes verdadeiros arquivos naturais de interação das pessoas com seu meio ambiente, que são os depósitos arqueológicos, servem como uma escala de medida frente as modificações ambientais causadas pela ação humana, ontem e hoje, providenciando um entendimento sobre a resiliência que transpassa o nosso contemporâneo, sorvendo o conhecimento nativo sobre mudança e adaptação ambiental, escalonado em milênios de tentativas, erros e acertos baseado na prática de diversos grupos humanos ao longo da história natural do planeta.

A exemplo, podemos elencar diversos outros estudos que interagem os dados arqueológicos e a modelagem computacional, como: no Alasca, onde uma análise de rede demonstra que as teias alimentares marinhas foram resistentes à predação humana, apesar da variação no clima; na Califórnia, onde a modelagem de nicho mostra que os principais episódios de construção e codificação social terminaram cada um com a redução do espaço de cultivo de milho; ou onde a modelagem baseada em agentes mostra que as trocas entre casas permitiram que populações maiores fossem apoiadas temporariamente em face das mudanças climáticas locais; assim como a análise de rede trófica que mostra a mudança climática juntamente com o desmatamento humano leva à instabilidade de um nicho; e na América Central, onde a modelagem de distribuição de espécies prevê a distribuição do progenitor selvagem do milho (D'ALPOIM GUEDES *et al.*, 2016).

Já do outro lado do Atlântico também encontramos diversos outros estudos, como os conduzidos no velho continente, em que a modelagem de distribuição de espécies mostra que os primeiros agricultores na Europa ocupavam nichos distintos; ou na Ásia, onde a modelagem baseada em agentes demonstra que a interconexão do grupo, em vez da riqueza, é importante para sobreviver às desacelerações climáticas na Mongólia; ou ainda, que a modelagem de nicho mostra que as mudanças climáticas levam a uma grande transição nos regimes de subsistência no planalto tibetano. Já no Oriente Médio, o modelo numérico de dispersão humana forçado por estimativas espaço-temporais das mudanças climáticas e do nível do mar mostra como o clima impactou a migração humana nos últimos 125 mil anos; e por fim na África, onde a modelagem da rede trófica mostra como um clima mais seco combinado com a caça e competição de habitat levou à extinção de espécies (D'ALPOIM GUEDES *et al.*, 2016).

Todavia, o caráter contemporâneo das mudanças climáticas, que são pós-industriais e muito atuais, não pode ser simplesmente comparado com tantas experiências humanas bem remotas. E neste caso, mais do que ilustrar comportamentos culturais já adquiridos frente a crises climáticas similares, o que a arqueologia pode apontar são os caminhos que podem ser seguidos na retomada social de situações que foram de alguma forma modificadas ambientalmente. Estes diversos processos de resiliência cultural e social podem ser sim a grande contribuição da arqueologia para o debate atual das mudanças climáticas, mas também não são estes os únicos arquétipos de uma sustentabilidade ambiental com base na materialidade menos antiga ou mais recente.

¹⁵ Indica o estado indeterminado de um sistema aleatório, como lançar os dados esperando um determinado resultado.

¹⁶ Fenômeno natural que aquece anormalmente as águas do oceano Pacífico em sua porção equatorial.

A SUSTENTABILIDADE CONTEMPORÂNEA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mas será que todos os passados conhecidos podem ser somente um único futuro imaginado? A própria interpretação de sustentabilidade na arqueologia segue uma rota diferente das demais ciências sociais, por meio de uma perspectiva antropocêntrica de longo prazo, assim como uma abordagem global de causa e efeito sobre as dinâmicas socioambientais. A maioria das cidades mais antigas e duradouras do mundo se localizam no deserto ou nos trópicos, e oferecem um potencial sem igual para reflexões, principalmente sobre as mudanças climáticas no espaço urbano. Pois, para ser sustentável, uma cidade precisa ser descentralizada e periurbana; porém se sabemos as respostas, por que ainda nos perdemos nas perguntas?

Seguindo dois princípios básicos de mitigação e adaptação, que visam alterações no comportamento coletivo, um campo de ação se destaca para isso – e não só na arqueologia – o espaço urbano. A cidade como local de sinergia e proximidade acelera inovações seu registro arqueológico há muito tempo vem sendo estudado por meio de abordagens multidisciplinares e comparativas. Cidades como Tikal ou Caracol na América Central, Khmer ou Angkor no Camboja, Sinhalese ou Anuradhapura no Sri Lanka já sofreram desastres ambientais consecutivos. Mas o que estas cidades da floresta tropical podem ensinar sobre sustentabilidade? Primeiro, que o espalhamento da população ao longo do território para cultivo e coleta de recursos foi o que manteve por milênios estas estruturas funcionando. E segundo, que a manutenção de conexões flexíveis, mas persistentes, com as cidades vizinhas foi o grande motor inovador de diversidade e sustentabilidade nestes espaços (SCARBOROUGH; ISENDAHL, 2020).

Do ponto de vista histórico diversos outros estudos também apontam a construção do mundo moderno com base na lógica capitalista e industrial que legou a contemporaneidade das mudanças climáticas para a nossa sociedade mundial. As pesquisas nas fábricas de tecido de Massachussetts apontam que durante os anos de 1820 houve a construção de usinas movidas a energia hidráulica, assim como a construção de casas que legaram em seus depósitos um conjunto artefactual diário. Estas parafernalias domésticas demonstram certas relações equilibradas entre empregados e empregadores até pelo menos o final do século XIX, quando começa a ser substituída por um desigualdade material cada vez maior, mostrando o distanciamento entre classes e etnias. Com o fim do século XIX, a mão de obra estrangeira sobrepõe a nacional, assim como novos centros industriais, agora com usinas movidas a energia mais poluente e rentável como o carvão, também roubam a cena (ROCKMAN; HRITZ, 2020).

Entretanto o mais emblemático exemplo histórico sobre desafios climáticos vem dos estudos arqueológicos realizados em Jamestown, uma colônia britânica fundada em 1610 pela Companhia da Virgínia nos Estados Unidos. Sendo um empreendimento comercial e militar, foram intencionalmente instaladas as franjas das possessões espanholas no Novo Mundo. O conhecimento climático dos ingleses nos idos dos seiscentos e vindos dos setecentos sobre o continente americano era baseado em suas próprias experiências de latitude; ou seja, tudo que estava abaixo de Londres deveria ser bem mais quente. No caso de Jamestown era esperado, portanto, uma boa produção de vinhos e seda, mas a história não foi assim. Como período da “grande fome” mostra, em torno de 1609 a 1610, 50% da população inicial morreu por mal planejamento da cidade, em consequência de só ter água salobra na região e das flutuações climáticas como longas secas e invernos rigorosos, o que atrasou todo o empreendimento de colonização por mais de três décadas nesta específica região do continente americano (ROCKMAN, 2011).

Porém, hoje, uma das questões a serem levantadas não é somente como a arqueologia pode contribuir para o entendimento das ações contra as mudanças climáticas, mas também como os próprios sítios arqueológicos estão sendo diretamente impactados por tais situações, e quais são os meios de salvá-los. Os efeitos da mudança climática não só aceleram processos de deterioração material dos sítios arqueológicos e sua perda irreparável do ponto de vista científico, como também afetam indiretamente toda a cadeia de formação de identidades locais e retornos financeiros comunitários, como o turismo, colocando em xeque uma das principais medidas preservacionistas tomadas para e com todos os sítios arqueológicos, ou seja, sua manutenção *in situ*¹⁷.

O caso dos sítios arqueológicos nas encostas do norte do Alaska (JENSEN, 2017) e no delta do Mackenzie (FRIESEN, 2015), por exemplo, são uma realidade climática urgente e que estão hoje em grandes riscos de desaparecimento frente ao degelo sistemático na área, ou mesmo o aumento das tempestades na região. Com o aumento da temperatura, as taxas de erosão aumentam em decorrência da falta de estações mais longas e com a cobertura sazonal de gelo, ou pergelissolo¹⁸. Por outro lado, sem a cobertura do gelo, o material orgânico ou têxtil que está tão bem preservado nestas regiões também acaba sendo mais atacado por agentes químicos e biológicos, tornando-se, portanto, termogênicos, e partir daí desaparecendo completamente (HILLERDAL *et al.*, 2019).

Outro estudo também aponta a mesma relação de excelente preservação dos vestígios florais e faunísticos na região ártica e sua consequente destruição acelerada pelas mudanças climáticas. Esta antagônica relação por qual a arqueologia passa inclui, ao mesmo tempo, o registro de interações humanas tão antigas com aquele ambiente, como a executada pelas culturas arqueológicas Inuit e Dorset na região, até a moderna adaptação dos povos indígenas atuais às diárias transformações ambientais, como a incerteza alimentar causada pelo degelo. Portanto, são as populações tradicionais atuais e em áreas de maior risco ambiental que sofrem primeiro com o impacto das mudanças climáticas nos dias de hoje (DESJARDINS; JORDAN, 2019).

Na Groelândia, os sítios arqueológicos também vêm sendo impactados com a perda de seus depósitos orgânicos e anóxicos, como apontam alguns estudos. Com a exposição ao oxigênio devido à perda da cobertura congelada, ossos e madeiras são principalmente atacados por degradações microbiológicas, o que já ocasionou uma perda de 40% do material em 30 anos de acompanhamento. Entretanto, os efeitos da mudança climática não afetam só a temperatura do solo ou características hidrológicas nos sítios, mas também outros processos, como aumento da cobertura vegetal, biopertubação por raízes, ou aparecimento de fungos que degradam lignina e celulose (HOLLESEN *et al.*, 2016, 2017). No norte da Europa se encontra a mesma situação, com a constante perda de material orgânico em sítios mesolíticos da Escandinávia, devido à acelerada acidificação do solo nos últimos 75 anos (BOETHIUS *et al.*, 2020).

Os sítios medievais e pós-medievais da Inglaterra também são outro ponto de estudo quando se trata dos impactos causados pelas mudanças climáticas nos

¹⁷ Mesmo que este tipo de preservação seja a preferida para determinadas situações, conforme a Unesco (MANDERS, 2008).

¹⁸ Tipo de solo encontrado na região ártica constituído por terra, rochas e gelo em temperatura baixa e constante.

depósitos arqueológicos na margem e em fundos de vales fluviais. Elenca-se os efeitos naturais agora acentuados, como o desbarrancamento lateral do rio e a mudança de seu curso, o aumento da inclinação do canal levando tanto à erosão quanto aluviação, mudanças no regime das águas subterrâneas, ou o grande impacto não natural das ações humanas de engenharia, como realinhamentos de curso, construção de diques e dragagem, ou de gestão e captação da água tanto para agricultura como para a indústria (HOWARD *et al.*, 2008).

Na Irlanda, outro estudo focou nos sítios arqueológicos enterrados e monumentos paisagísticos, como o caso de um patrimônio mundial. Comparando a corrente literatura sobre preservação e impacto, Daly (2011) identificou não só efeitos negativos, mas também outras consequências específicas, como o possível aumento de visitação em função de verões mais quentes e secos. “Se as mudanças climáticas trouxerem um prolongamento da temporada turística e um maior número de visitantes, isso poderia sobrecarregar ainda mais os sistemas de gestão. As encostas íngremes e a cobertura superficial do solo na ilha significam que a erosão pode ser um problema, especialmente em torno das rotas de visitantes” (2011, p. 306).

De mesma maneira, o acesso aos sítios também ficaria comprometido devido ao aumento do regime de chuvas e ventos, assim como outras possíveis manifestações de furacões e tempestades. “As alterações climáticas representam uma grande ameaça ao patrimônio cultural e ao turismo patrimonial. A falha em responder com estratégias adequadas para lidar com as mudanças climáticas significa que, cada vez mais, o patrimônio cultural insubstituível será perdido” (HALL *et al.*, 2016, p. 10).

No caso do patrimônio arqueológico já coletado, este também pode servir como uma grande oportunidade de engajamento do público com o conhecimento sobre os impactos ambientais e climáticos de longa data sobre as sociedades humanas, seja por meio do aumento de publicações arqueológicas em veículos interdisciplinares de divulgação científica, pelo incentivo a exposições museográficas sobre temáticas específicas de sociedades antigas afetadas pelo desastre ambiental, ou por maior participação da arqueologia em pesquisas transdisciplinares sobre o tema.

A publicação em jornais interdisciplinares desde os anos 2000 tem apresentado um aumento exponencial na temática sobre as mudanças climáticas, mas em contrapartida a participação dos estudos arqueológicos no tema tem sido modesta, ou quase insignificante. Desde os relatórios do IPCC até revistas científicas de grande circulação sobre o tema, a ausência da arqueologia é notável. Sobre as exposições museográficas, que geralmente são conduzidas de forma linear e descontextualizada, poderiam abordar a emergência e desaparecimento de determinadas sociedades frente a mudanças no meio ambiente, relacionado aos tempos atuais e direcionando para um pensamento crítico e necessidade de ação social. Por fim, pesquisas transdisciplinares não só acadêmicas, mas com diversos outros agentes da sociedade, propiciam um fértil campo para uma arqueologia comunitária e ciência cidadã, de relevante impacto sobre esta crise climática contemporânea (JACKSON *et al.*, 2017).

Como formas de mitigação dos impactos ambientais causados pelas mudanças climáticas ao patrimônio arqueológico, existem também outras ações efetivas em curso, como a Estratégia de Respostas as Mudanças Climáticas do Serviço Nacional de Parques dos Estados Unidos. Este plano engloba uma abordagem em quatro pilares distintos: ciência, adaptação, mitigação e comunicação. O pilar da ciência é responsável por coletar toda a informação sobre trabalhos envolvendo dados climáticos relevantes sobre as mudanças climáticas; a adaptação é uma combinação de esforços para determinar o que fazer sobre a mudança climática, incluindo políticas

públicas, orientações e abordagens; o pilar das mitigações se refere às ações efetivas de diminuição dos gases de efeito estufa; e a comunicação incorpora esforços para divulgação de informação de maneira útil, e com sentido para gestores e o público (HAMBRECHT; ROCKMAN, 2017).

Porém, não é só o patrimônio arqueológico físico que se encontra em perigo frente às mudanças climáticas, mas também toda a população mundial que vive em áreas de risco como nas zonas úmidas, sejam costeiras ou de água doce. Os impactos biológicos incluem tanto a submersão dos estuários, quanto a entrada de sal nos ecossistemas, mudando a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Quanto ao patrimônio paisagístico, toda a integridade histórica está comprometida, desde práticas de pesca e agricultura de longa data, até o caso de obras de contingenciamento e seu provável impacto sobre sítios arqueológicos submersos. “Na América Latina, os impactos das mudanças climáticas nas zonas úmidas concentram-se principalmente nas zonas úmidas costeiras¹⁹, que correm o risco de mudança do nível do mar e aumento das tempestades” (MAGRIN *et al.*, 2007 *apud* NOORT, 2012, p. 722).

O aumento dos níveis dos mares é uma das principais consequências das mudanças climáticas modernas e isto tem sido verificado por dois indicadores: o nível marítimo eustático e o nível relativo. O nível eustático do mar é a distância do centro da Terra até a superfície do mar, e sua mudança ocorre pela diminuição da glaciação e o consequente aumento das dorsais oceânicas ou submarinas. Por outro lado, o nível relativo do mar é definido pela observação direta a partir de um quadro de referência terrestre local e, neste caso, não mede a massa ou o volume dos oceanos como o índice anterior.

Para exemplo, na época do Holoceno o ponto de maior profundidade do nível dos oceanos foi durante a última glaciação em torno de 21 mil anos atrás, em que o nível eustático do mar chegou a 120 metros abaixo do presente. Nos milênios seguintes o nível continuou a subir, com uma aceleração a partir dos 13 mil anos antes do presente e outra desaceleração aos 7 mil, sendo que, a partir dos 3 mil anos, se manteve estável em 0,1 a 0,2 mm por ano. Entretanto, estudos atuais têm demonstrado que entre 1961 e 2003 houve um aumento de 1,8 mm ao ano, enquanto outros estudos apontam um aumento ainda maior de 3,1 mm; ou seja, aproximadamente 72,2% de diferença percentual no aumento do nível do mar, considerando somente durante os anos de 1993 e 2003 da nossa era atual (NOORT, 2013).

Neste sentido, os habitantes das ilhas em todo o globo estão diretamente sujeitos às consequências diretas das mudanças climáticas. Com base no estudo da condição de vulnerabilidade de dois arquipélagos, um no Caribe e outro na costa sudoeste Indiana, foi identificado o potencial de exposição ao aumento do nível dos oceanos, furacões e tempestades. Todavia, o grande drama destas populações não é só seu futuro ambiental incerto, mas também um enorme legado histórico de expropriação e manutenção de uma condição subalternizada e miserável, o que agrava ainda mais os impactos das mudanças climáticas. Nestes casos, a sustentabilidade não é só de manter o que já se tem, mas sim e necessariamente, de propiciar uma melhor qualidade de vida e de enfrentamento às tais mudanças (DOUGLASS; COOPER, 2020).

Mas um ponto atual de ação das mudanças climáticas sobre sociedades humanas contemporâneas e sítios arqueológicos distintos é o avanço marítimo sobre as linhas continentais costeiras. Neste caso, diversas comunidades que vivem nestas zonas

¹⁹ Como manguezais, estuários, lagunas e pântanos.

costeiras são afetadas diretamente por este impacto do aumento do nível do mar. Como as zonas costeiras são em geral áreas densamente povoadas, o olhar sobre este tema se torna não só obrigatório, mas também prioritário. Baseado em estudos de caso, como nos estuários do Mar do Norte, nos manguezais da Índia, no golfo e lagunas da Flórida e nos pântanos do Iraque, a arqueologia destas comunidades costeiras estuda não só a resiliência social, ecológica e tecnológica, mas também patrimonial (MILNER, 2012; NOORT, 2013). Do outro lado, na Califórnia, a participação das comunidades tradicionais também é fundamental, como é demonstrado nas discussões sobre as ações coletivas, presentes e futuras a serem tomadas sobre os próprios patrimônios nativos (NEWLAND *et al.*, 2017).

Em outros locais costeiros como o Oriente Médio e o Norte da África, as tempestades regionais extremas que causam elevação súbita do nível da água pela chuva e as subidas dos níveis dos mares que ocasionam a erosão costeira são também produtos diretos das mudanças climáticas. Por meio de estudos por modelagem computacional climática, em combinação com a coleta de dados em campo, foi constatado que esta erosão marítima pode afetar de 14 a 15% de todos os sítios arqueológicos já identificados nestas áreas até 2050, sendo que até 2100, a previsão é da destruição total de mais de 30 a 40% dos sítios arqueológicos na região (WESTLEY *et al.*, 2021).

Os impactos ambientais das mudanças climáticas sobre os sítios arqueológicos são dinâmicos e complexos, portanto qualquer medida necessita de uma abordagem múltipla e com inúmeras variáveis envolvidas. Desta forma, uma análise da vulnerabilidade dos sítios arqueológicos atingidos pelas mudanças climáticas é uma abordagem holística que reconhece a intrincada relação entre os humanos e a natureza. Entretanto, são necessários alguns elementos para estabelecer a vulnerabilidade ambiental de um patrimônio arqueológico, como: exposição ao impacto, sensibilidade à mudança, e capacidade de adaptação ao efeito. Quanto às medidas de exposição ao impacto, temos certos parâmetros como o vento, a chuva e a temperatura. Já a sensibilidade à mudança leva em conta a erosão de estruturas e depósitos que formam o próprio sítio. E por fim, a capacidade de adaptação ao dano envolve políticas e programas, informação e conhecimento, implementação de ações e monitoramento para a preservação do patrimônio (DALY, 2014).

Em alguns estudos de caso aplicados em sítios arqueológicos em situação de vulnerabilidade aos impactos causados pelas ações de mudança climática, foi constatado o seguinte resultado: dos mais de 120 sítios avaliados em duas áreas de estudo no norte da Austrália, 13 foram identificados como de alta probabilidade ao impacto, enquanto 25 estão em situação direta de vulnerabilidade; sendo que destes a maioria são de sambaquis e arte rupestre. Portanto, condições como o aumento do nível do mar e da erosão por chuva e vento são os maiores causadores de impacto direto, enquanto o aumento da temperatura reflete no acréscimo dos focos de incêndios na região (CARMICHAEL *et al.*, 2018). O fenômeno é também verificado na Nova Zelândia, onde o aumento do nível do mar e a chuva afetam diretamente os sítios arqueológicos costeiros, sendo a erosão, inundação e instabilidade do solo os principais fatores de deterioração, afetando um terço dos sítios conhecidos, e sendo estes desde ocupações pré-históricas Maori até assentamentos coloniais europeus (BICKLER *et al.*, 2013).

Mas, quais são então, as medidas que podem ser tomadas para mitigar e adaptar os sítios arqueológicos aos impactos ambientais das mudanças climáticas? É claro que a criação e implantação de políticas públicas para com o patrimônio ameaçado são as principais medidas (BROOKS *et al.*, 2009), porém outras ações também têm ocorrido, como o estudo prático de outros eventos climáticos extremos, a exemplo de um

tsunami que em 2011 afetou Honshu no Japão e dois parques arqueológicos no local (JOHNSON *et al.*, 2015). Outra perspectiva também vem da própria digitalização dos sítios, que fornece subsídios para a modelagem computacional dos impactos ambientais nos materiais constituintes e na paisagem local de sítios arqueológicos, como na Itália (SITZIA *et al.*, 2022) e na Inglaterra (KINCEY *et al.*, 2008). Ou o projeto RESEARCH, que monitora por satélite o impacto da erosão no solo, a mudança na cobertura vegetal e movimentação e uso da terra em áreas de sítios arqueológicos na Europa continental e insular (DE ANGELI *et al.*, 2020).

Porém, as ações mais efetivas de mitigação e adaptabilidade para salvaguarda do patrimônio arqueológico em situação de vulnerabilidade aos impactos ambientais causados pelas mudanças climáticas têm sido o seu “salvamento”, como no caso de Gana, na África, onde os níveis do mar durante décadas vêm consumindo pela erosão as linhas costeiras em mais de 100 metros, e submergindo assentamentos históricos como o forte holandês de Kongensten construído em 1783. Mesmo que outras medidas de contenção, como a construção de estruturas defensivas em pedra, como molhes e quebra-mares sejam uma alternativa – e aqui o foram –, na prática, seu impacto direto no sítio e o simples redirecionamento das correntes não acabou totalmente com o problema (ARYEE; APOH, 2018).

A arqueologia de salvamento, empresarial, de contrato, ou hoje mais conhecida no Brasil como preventiva, nasce da necessidade de salvaguardar os sítios arqueológicos em risco de destruição por ações causadoras de impacto. Seja em consequência da instalação de obras de grande porte, como áreas de mineração, hidrelétricas, ferrovias, rodovias, aeroportos, parques eólicos e solares, sua prática no Brasil tem início com a resolução Conama 001, que reforçava a necessidade de proteção ao patrimônio arqueológico dado pela Lei nº 3.924, assim como o socioambiental pela constituição de 1988, e regulamentado por portarias específicas do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Entretanto, em um caso de urgência climática global como a que vivemos hoje, estes dispositivos também podem ser uma ferramenta valorosa e imprescindível na preservação do patrimônio arqueológico, histórico e cultural ameaçado pelos impactos das mudanças climáticas mundiais.

E no Brasil? Alguns trabalhos se destacam sobre a temática dos impactos das mudanças climáticas sobre o patrimônio arqueológico nacional. A exemplo temos o texto de Rubin *et al.* (2018), que alerta sobre a necessidade de pesquisas mais sistemáticas com pelo menos cinco anos de duração e em diferentes biomas além do Cerrado, sobre o monitoramento de sítios arqueológicos pré-coloniais tanto por fenômenos IOS recorrentes ou mais drásticos como das mudanças climáticas. Outro texto seminal é de Campos *et al.* (2019) que, fazendo uma análise de risco do patrimônio arqueológico brasileiro, estabelece um zoneamento regional de maiores susceptibilidades aos diferentes impactos ambientais futuros, com ênfase aos sítios de pinturas rupestres nordestinos. Por último, o trabalho de Zanirato *et al.* (2020) já mostra a interdisciplinaridade necessária para se tratar deste assunto, por meio de uma sempre bem-vinda revisão bibliográfica, auxiliada de uma coleta de dados e uso de simulações, que abre um leque de questões sobre a vulnerabilidade arqueoclimática dos sambaquis no litoral catarinense.

Por outro lado, estudos paleoambientais acertados no Seridó por uma perspectiva transdisciplinar, como o conduzido por Tavares e Pereira (2022), tratam de uma mudança climática que não existe mais, de um passado recriado com mais de 13.000 anos de idade,

ou seja, distante de paleopoluição-industrial-capitalista-liberal²⁰ do agora pós-1750. Por outro exemplo, o árduo trabalho de Hodecker-Dietrich *et al.* (2022) apresenta belíssimos cenários e previsões sobre terríveis catástrofes geoclimáticas com eventos meteorológicos extremos e pré-históricos, para modelagem paisagística e ambiental futura na foz do rio Itajaí. Portanto e como dito anteriormente, nem só o material importa, mas também todo o bioma que será atingido pelas mudanças climáticas globais, incluindo o Antrópico. Comunidades como as que vivem no arquipélago do Marajó no Pará também serão diretamente atingidas pela elevação do nível das águas, onde estudos utilizando algoritmos para aprendizagem de máquinas²¹ modela desde a gênese até projeções de depósitos de solo com carbono (terra-preta) na Amazônia oriental (SILVA, 2022).

A PLASTICIDADE FINAL DE UMA ECOARQUEOLOGIA FUTURA

Pelo contrário, acredito que o que fizemos foi tentar absorver a sensibilidade ao fluxo de qualidades materiais que Ingold aborda em relação à pedra, e insistir, contrariamente à maioria dos outros, que isso também precisa ser aplicado à maneira que as pessoas passam a entender, apreciar e trabalhar com plástico. (MILLER, 2007, p. 27).

Nos anos 1970 um artigo seminal foi lançado sobre uma prática de pesquisa que até então era muito malvista entre seus correlatos: a arqueologia experimental. Nesta investigação um acampamento indígena contemporâneo e abandonado nas montanhas rochosas canadenses foi escavado utilizando-se o conceito de simetria entre área de deposição e atividade executada. As interpretações propostas com base na cultura material foram depois confrontadas com o testemunho de uma das ocupantes do sítio, só que os resultados foram completamente divergentes (BONNICHSEN, 1973) para uma considerada hoje “etnoarqueologia do presente”. Já nos anos 1990, a arqueologia dos lixões, ou mais tarde chamada de “garbologia”, investigava os aterros sanitários da Califórnia à Flórida nos Estados Unidos, com o objetivo de recuperar dados contemporâneos sobre o descarte de produtos industriais entre 1952-1988, acabando por revelar não só seus conteúdos ou as taxas de reuso ou decomposição do descarte, mas também uma poluição industrial nascente (RATHJE *et al.*, 1992) e que agora poderia ser arqueologicamente visível.

Mas o que mais estes dois estudos têm em comum? São trabalhos pioneiros em sistematizar arqueologicamente o estudo do plástico moderno²². No estudo de

²⁰ A paleopoluição moderna pode ser usada para reconstruir a história da contaminação ambiental e de suas fontes, bem como para avaliar a influência das atividades humanas na composição química do meio ambiente em épocas passadas ou contemporâneas e observar suas respostas. O estudo da paleopoluição de mercúrio em um rio, por exemplo, pode ajudar a compreender os efeitos da atividade humana de exploração mineral sobre o meio ambiente ao longo do tempo histórico e a informar a tomada de decisões sobre a gestão ambiental e a proteção da saúde pública hoje (COSTA, 2013).

²¹ A inteligência artificial (IA) pode ser utilizada de diversas maneiras para ajudar a lidar com questões ambientais, como: monitoramento ambiental, previsão e gerenciamento de desastres naturais, energia renovável e eficiência energética, agricultura de precisão e conservação da natureza. No entanto, é importante lembrar que a IA também tem seus próprios impactos ambientais, como o consumo de energia para treinamento e execução de modelos.

²² A história do plástico começa no início do século XX, quando foram desenvolvidos os primeiros materiais plásticos derivados do petróleo. O primeiro plástico sintético foi a baquelite, inventado

Bonnichsen no Millie's Camp dos anos de 1970, os plásticos aparecem primeiramente como um anel plástico de *pack* de latinhas de cerveja ou refrigerante, outros ocorrem como bijuteria em plástico e *bobs* plásticos, mas em maioria os plásticos aparecem como partes de brinquedos dispersos por todo o acampamento. Estes objetos apontavam para a existência de pessoas de ambos os sexos e diferentes idades. Um apito de plástico no formato de pássaro também foi encontrado, no qual é colocado água para imitar o som dos pássaros quando soprado. A este brinquedo foi inferido que se tratava de um artefato feminino infante-juvenil. Nas lixeiras foram identificados vários tipos de poliuretano para embalagens, como bandejas de carne congelada, filmes plásticos para invólucro, um saco plástico de pão, um de batata, uma sacola e uma tampa de garrafa plástica, além de pequenas fitas de plástico vermelho que também se encontravam dispersas no local.

Já nas pesquisas arqueológicas dos lixões norte-americanos da década de 1990, e conforme o relatório divulgado, o plástico constitui o último acúmulo frente ao papel e outros tipos de materiais; no caso do papel o plástico aparece como um terço do total geral, e no caso dos outros materiais o peso do plástico é de um quinto. No caso do volume, o plástico no relatório é 20%, mas na materialidade só 12%, enquanto o papel é 40%, e os outros materiais também 40%. Por outro lado, o plástico também manteve uma quantidade estável, tanto de peso quanto no volume, sendo que sua taxa de compactação é mesma de todos os outros materiais, ou seja, na ordem de 61.22 g/cm². Já durante o período de 1964-1988, a distribuição do plástico no aterro sanitário desativado e escavado também foi homogênea; atingindo dois picos de volume em torno dos anos de 1973 e 1977, e as maiores baixas no esperado anos de 1965, e outra grande queda só em 1983.

Conforme a Figura 1, podemos observar a forma inadequada com que os resíduos plásticos são atualmente tratados, seja em lixões ou depósitos ao céu aberto. Outra característica dos resíduos plásticos é que não se decompõem no meio ambiente, mas somente se fragmentam em partículas cada vez menores, mas nunca deixando de existir.

Em 2015 foi calculado que 275 milhões de toneladas métricas (TM) de resíduos plásticos foram gerados nos 192 países costeiros no ano de 2010, sendo que destes plásticos em torno de 4,8 a 12,7 milhões de TM migraram para os oceanos. Variações podem ocorrer em função do tamanho da população e da qualidade do sistema de coleta do lixo; porém é ainda predito que até o ano de 2025 esta quantidade de plásticos no oceano aumentará na mesma ordem de sua magnitude ou grandeza (JAMBECK *et al.*, 2015).

Por outro lado, o plástico em outros sistemas hidrológicos como rios e igarapés, também é um agente direto da poluição industrial causadora de mudanças climáticas. Tanto ações humanas como naturais afetam os padrões de lixo na paisagem, passando por testes estatísticos de qui-quadrado e Kruskal Wallis, índices de material foram montados

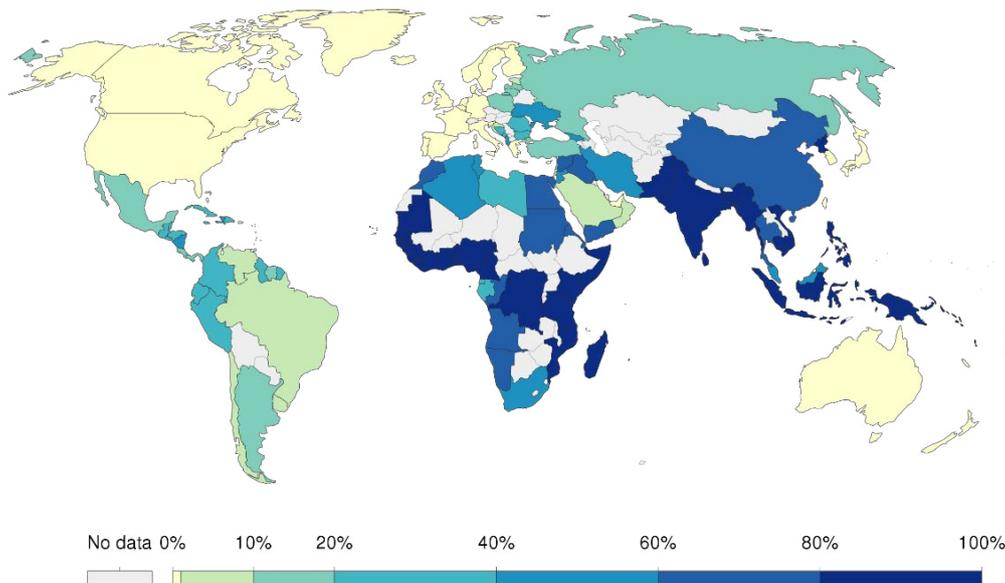
pelo químico americano Leo Baekeland em 1907. Durante a Primeira Guerra Mundial, houve uma grande demanda por materiais plásticos para substituir os materiais escassos, como a borracha natural. O plástico também foi usado na fabricação de aviões, tanques e outros equipamentos militares. Após a guerra, o plástico se tornou cada vez mais popular na fabricação de produtos de consumo, como brinquedos, utensílios domésticos, materiais de construção e produtos de embalagem. Durante a década de 1950 e 1960, a produção de plásticos explodiu com a introdução de plásticos de uso único, como sacolas plásticas e garrafas de refrigerante. No entanto, o plástico se tornou um problema ambiental significativo, já que é resistente à decomposição e se acumula em aterros sanitários e oceanos. A conscientização sobre o impacto ambiental do plástico levou a esforços para reduzir o uso de plásticos descartáveis e aumentar a reciclagem de plásticos. Atualmente, existem muitos tipos diferentes de plásticos, cada um com propriedades e aplicações específicas.

mostrando o uso cultural da materialidade e presença ou ausência de forças naturais. Quanto ao comportamento do plástico no lixo, os dados de distribuição também apresentam informação para uma possível redução de sua concentração (CARPENTER; WOLVERTON, 2017).

Figura 1. Parcela de resíduos plásticos que são gerenciados inadequadamente. Fonte: Wikipedia Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 international license.

Share of plastic waste that is inadequately managed, 2010

Inadequately disposed waste is not formally managed and includes disposal in dumps or open, uncontrolled landfills, where it is not fully contained. Inadequately managed waste has high risk of polluting rivers and oceans.



Source: Jambeck et al. (2015)

Note: This does not include 'littered' plastic waste, which is approximately 2% of total waste.

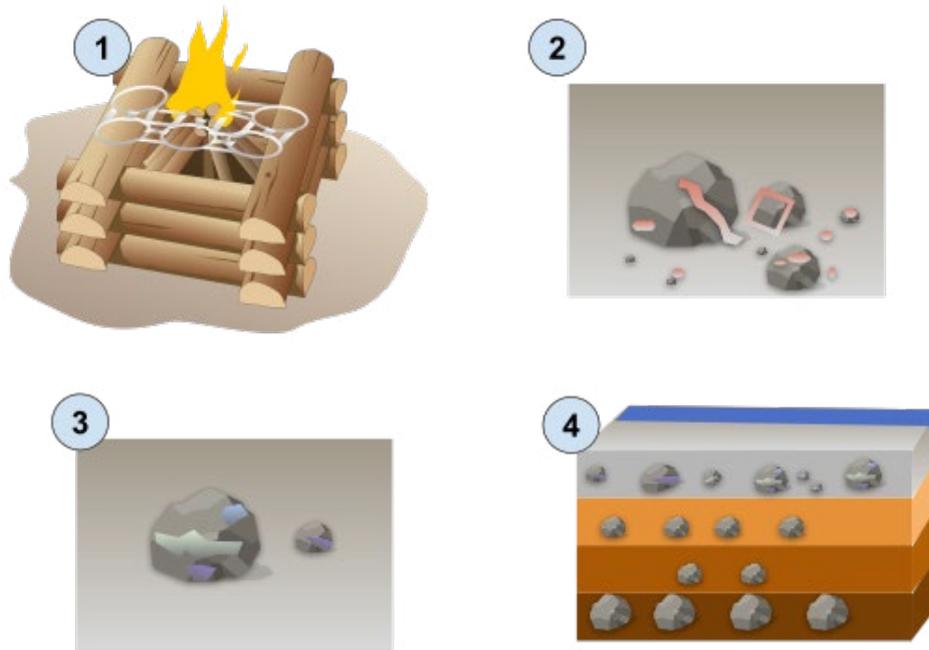
E pensando mais recentemente, até o descarte de máscaras e luvas de proteção sintéticos (alguns plásticos) durante a pandemia de Covid-19, produziram um arquivo viral que se constitui em “materiais fora do contexto” na arqueologia (SCHOFIELD *et al.*, 2021), ou até mesmo na forma de um combate as sacolas plásticas em Galápagos (SCHOFIELD *et al.*, 2020).

Portanto, a paleopoluição moderna é a marca resiliente dos sintéticos na sustentabilidade da arqueologia contemporânea. Porém, mesmo que o diálogo da arqueologia com o Antropoceno seja recente e diminuto, isto não quer dizer que seja menos importante (SHAW, 2016). Como um fenômeno pós-industrial, a discussão sobre o Antropoceno muito se tem baseada no aumento da emissão do dióxido de carbono e metano após a invenção do motor a combustão. Por outro lado, nossa relação atual com a indústria petroquímica e agrofarmacêutica é também conflituosa, principalmente associadas ao uso sintético e tóxico de certos poluentes, como o plástico.

Em sua pesquisa na linha costeira da Noruega sobre as influências antropogênicas no ambiente marinho a partir de naufrágios, Pétursdóttir trabalhou com vários tipos e dimensões de material plástico em diferentes níveis de escavação e que compunham mais

de 95% de todo material recolhido. Entretanto, vestígios de plastiglomerado²³ não foram encontrados nas seções escavadas, mas sim diferentes pedaços e peças de artefatos em plástico como tubos, sacos e sacolas, cordas de diversas espessuras, garrafas e frascos de variados tamanhos, cápsulas coloridas, flutuadores, fios de *nylon*, redes de pescar, pratos e copos, pedaços de borracha, brinquedos, e principalmente mais de 92% de micro e nanoplásticos (PÉTURSDÓTTIR, 2017).

Figura 2. Formação do plastiglomerado, ou um híbrido entre o material artificial humano e os sedimentos naturais no seu entorno. Fonte: Wikipedia Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 international license.



Portanto, para uma arqueologia sobre o Antropoceno, as implicações de uma ontologia objeto-orientada (OOO) e uma perspectiva mais-do-que-humana são as que mais importam (COSTA, 2021); pois é necessário também trazer à luz da discussão sobre as mudanças climáticas seus principais elementais²⁴, sejam: anti-humanos, não humanos, pós-humanos ou trans-humanos e suas relações²⁵. Portanto, partindo de uma abordagem

²³ Termo proposto para a fusão entre elementos naturais e artificiais, como o plástico fundido que une grãos de areia em uma praia. Cf. Figura 2. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Plastiglomerate>. Acesso em: 28 abr. 2023.

²⁴ É um conceito deontológico de uma construção pós-estruturalista, que usa dos princípios da cibernética e ecologia, tendo como exemplo a virada ontológica na Antropologia.

²⁵ Aqui devemos fazer uma pequena distinção entre as filosofias anti-humanista, não humanista, pós-humanistas e trans-humanista. De acordo com o artigo de Porpora (2017), anti-humanismo é uma teoria que nega a ideia de que há algo de essencialmente único ou valioso na condição humana, enquanto o não humanismo propõe que o mundo não é exclusivamente humano e, portanto, o antropocentrismo deve ser superado. Já o pós-humanismo se concentra na possibilidade de transcender as limitações biológicas e culturais do ser humano, enquanto o trans-humanismo defende a melhoria e o aprimoramento das capacidades humanas por meio da tecnologia e da

simplificada da OOO de que os humanos são só parte de uma realidade composta de muitas outras coisas e coisas; e de que todas estas outras entidades existem por si só e independentemente dos humanos, então as nossas relações humanas para com todos os outros entes da realidade precisam e devem ser mudadas.

Neste papel de interrelações entre diversas entidades humanas e não humanas, encontramos então um elemento de ligação entre estes, e que a muito tempo já vem sendo estudado pela arqueologia: a cultura material ou elementais físicos do passado. Em tempos de Antropoceno, entretanto, certos marcadores materiais de atividades humanas podem evidenciar o impacto e a extensão ambiental das ações pós-industriais que resultam nas mudanças climáticas mais do que outros, a exemplo do já citado plástico.

Por outro lado, outros marcadores não tão físicos, como os hiperobjetos²⁶, também devem ser desígnios de uma arqueologia das mudanças climáticas. Pois, como produtos do Antropoceno, estes elementais físicos traspassam a barreira epistemológica do objeto e sujeito na moderna ciência ocidental. Os hiperobjetos podem ser classificados por cinco traços distintos: a viscosidade ou sua propriedade de aderência aos outros objetos, sua liquidez por possuírem pouca consistência espacial e temporal, a sua não localidade por não estarem limitados a um ato/efeito em particular, sua multidimensionalidade por não estarem restritos às nossas três dimensões comuns, e por fim, sua complexidade por serem formados por inúmeros outros elementos interrelacionados.

Os hiperobjetos transcendem a própria experiência humana na medida que são apreendidos somente em partes, e por auxílio de suas representações. Por tanto, também necessitam de supersujeitos, ou imensos coletivos tecno-científicos para serem estudados. Entre os hiperobjetos encontramos os próprios gases do efeito estufa (GEE), poluição de solos e águas, ou até mesmo a radiação (GODOY; COSTA, 2020), que podem também ser considerados como outros elementais presentes do Antropoceno. Por fim, o plástico e outros sintéticos podem ser considerados como um grande marcador material e físico do período da mudança climática na estratigrafia arqueológica, ou como um dos nossos fóssil-guias para uma ecoarqueologia futura deste nosso atual desastre ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradeço as instituições de suporte e financiamento de pesquisa UFPA, CNPq e Capes, aos integrantes do Grupo de Arqueologia Histórica Amazônica (GAhIA), bolsistas e monitores do LAARQ+, aos editores e pareceristas da Revista de Arqueologia da SAB.

ciência. Em resumo, cada uma dessas teorias propõe uma abordagem diferente em relação à inter-subjetividade entre seres humanos e outros seres ou elementos materiais do mundo, bem como sobre às possibilidades de evolução e aprimoramento da humanidade.

²⁶ O termo “hiperobjeto” foi cunhado pelo filósofo Timothy Morton em seu livro *Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the end of the world* (2013). Em termos simples, um hiperobjeto é um objeto que é tão grande em escala temporal e espacial que não pode ser percebido em sua totalidade por um ser humano. Por exemplo, o aquecimento global é um hiperobjeto, pois é algo que afeta todo o planeta, mas é tão vasto e complexo que é difícil para qualquer indivíduo ou grupo compreender completamente. Outros exemplos de hiperobjetos incluem a biodiversidade, a internet, o capitalismo global e a energia nuclear. Morton argumenta que os hiperobjetos são essenciais para entendermos os desafios da era atual e que a filosofia deve ser reformulada para lidar com objetos que são tão grandes e complexos que desafiam nossa compreensão convencional. Ele propõe que devemos adotar uma abordagem mais ecológica e pensar em termos de relacionamentos e interconexões, em vez de objetos isolados e fixos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARYEE, V. A.; APOH, W. Climate change and the mitigating tool of salvage archaeology: the case of the Fort Kongensten site at Ada Foah, Ghana. *Legon: Journal of the Humanities*, v. 29, n. 2, p. 81-115, dez. 2018.
- BICKLER, S.; CLOUGH, R.; MACREADY, S. *The impact of climate change on the archaeology of New Zealand's coastline: a case study from the Whangarei District*. Wellington (NZ): New Zealand Department of Conservation, 2013.
- BOETHIUS, A. *et al.* Human encroachment, climate change and the loss of our archaeological organic cultural heritage: accelerated bone deterioration at Ageröd, a revisited Scandinavian Mesolithic key-site in despair. *PLOS ONE*, v. 15, n. 7, p. e0236105, jul. 2020.
- BONNICHSEN, R. Millie's Camp: an experiment in Archaeology. *World Archaeology*, v. 4, n. 3, p. 277-291, fev. 1973.
- BROOKS, N.; GRIST, N.; BROWN, K. Development futures in the context of climate change: challenging the present and learning from the past. *Development Policy Review*, v. 27, n. 6, p. 741-765, nov. 2009.
- BURKE, A. *et al.* The archaeology of climate change: the case for cultural diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 118, n. 30, p. e2108537118, jul. 2021.
- CAMPOS, L. *et al.* Preservação do patrimônio arqueológico frente os efeitos da alteração climática. In: SEMINÁRIO DE PRESERVAÇÃO DE PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO, 5., Rio de Janeiro, 2019. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: MAST, 2019. p. 152-165.
- CARMICHAEL, B. *et al.* Local and Indigenous management of climate change risks to archaeological sites. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 23, n. 2, p. 231-255, fev. 2018.
- CARPENTER, E.; WOLVERTON, S. Plastic litter in streams: the behavioral archaeology of a pervasive environmental problem. *Applied Geography*, v. 84, p. 93-101, jul. 2017.
- COOPER, J.; PEROS, M. The archaeology of climate change in the Caribbean. *Journal of Archaeological Science*, v. 37, n. 6, p. 1226-1232, jun. 2010.
- COSTA, D. M. Archaeo-environmental study of the Almas River: mining pollution and the Cerrado biome in the end of the Nineteenth century in Midwestern, Brazil. *Journal of Archaeological Science*, v. 38, n. 12, p. 3497-3504. 2011.
- COSTA, D. M. Eco(arqueo)logia histórica nas Lavras do Abade: patrimônio cultural e natural. *Amazônica: Revista de Antropologia*, v. 5, n. 1, p. 38-53, 2013.
- COSTA, D. M. Ecoarqueologia dos não-humanos no Engenho do Murutucu: um ensaio sobre a fauna e flora da Amazônia colonial. *Habitus: Revista do Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia*, v. 19, n. 1, p. 6-21, set. 2021.
- CROWLEY, T. J.; NORTH, G. R. *Paleoclimatology*. Oxford (GB): Oxford University Press, 1991.
- D'ALPOIM GUEDES, J. A. *et al.* Twenty-first Century approaches to ancient problems: climate and society. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 113, n. 51, p. 14483-14491, dez. 2016.
- DALY, C. Climate change and the conservation of archaeological sites: a review of impacts theory. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, v. 13, n. 4, p. 293-310, nov. 2011.

- DALY, C. A Framework for assessing the vulnerability of archaeological sites to climate change: theory, development, and application. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, v. 16, n. 3, p. 268-282, ago. 2014.
- DE ANGELI, S. *et al.* The RESEARCH Project: soil-related hazards and archaeological heritage in the challenge of climate change. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 949, n. 1, p. 012058, nov. 2020.
- DESJARDINS, S. P. A.; JORDAN, P. D. Arctic archaeology and climate change. *Annual Review of Anthropology*, v. 48, n. 1, p. 279-296, out. 2019.
- DOUGLASS, K.; COOPER, J. Archaeology, environmental justice, and climate change on islands of the Caribbean and southwestern Indian Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 117, n. 15, p. 8254-8262, abr. 2020.
- FRIESEN, T. M. The Arctic CHAR Project: climate change impacts on the Inuvialuit archaeological record. *Les Nouvelles de l'Archéologie*, n. 141, p. 31-37, set. 2015.
- GODOY, R.; COSTA, D. M. Arqueologia do invisível: um estudo contemporâneo sobre a materialidade de uma paisagem urbana contaminada. In: MUNIZ, T. S. A.; ALMANSA-SÁNCHEZ, J. (ed.). *M(C)AGA: um ensaio fotográfico sobre as abordagens latino-americanas à arqueologia contemporânea*. Madrid (Espanha): Asociación para la Investigación y la Difusión de la Arqueología Pública, 2020. p. 130-137.
- HALL, C. M. *et al.* Climate change and cultural heritage: conservation and heritage tourism in the Anthropocene. *Journal of Heritage Tourism*, v. 11, n. 1, p. 10-24, jan. 2016.
- HAMBRECHT, G.; ROCKMAN, M. International approaches to climate change and cultural heritage. *American Antiquity*, v. 82, n. 4, p. 627-641, out. 2017.
- HILLERDAL, C.; KNECHT, R.; JONES, W. Nunalleq: archaeology, climate change, and community engagement in a Yup'ik village. *Arctic Anthropology*, v. 56, p. 4-17, jan. 2019.
- HODECKER-DIETRICH, A.; AUMOND, J. J.; REFOSCO, J. C. A configuração paleoambiental holocênica e os cenários de previsões da elevação do nível do mar na planície costeira da foz do Rio Itajaí, Santa Catarina. In: *OPEN science research*. São Paulo: Editora Científica Digital, 2022. p. 2426-2445.
- HOLLESEN, J. *et al.* Climate change and the loss of organic archaeological deposits in the Arctic. *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, p. 28690, jun. 2016.
- HOLLESEN, J.; MATTHIESEN, H.; ELBERLING, B. The impact of climate change on an archaeological site in the Arctic. *Archaeometry*, v. 59, n. 6, p. 1175-1189, 2017.
- HOWARD, A. J. *et al.* The impact of climate change on archaeological resources in Britain: a catchment scale assessment. *Climatic Change*, v. 91, n. 3-4, p. 405-422, dez. 2008.
- HUDSON, M. J. *et al.* Prospects and challenges for an Archaeology of global climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 3, n. 4, p. 313-328, jul. 2012.
- JACKSON, R.; DUGMORE, A.; RIEDE, F. Towards a new social contract for Archaeology and climate change adaptation. *Archaeological Review from Cambridge*, n. 32, p. 197-221, 2017.
- JAMBECK, J. R. *et al.* Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, v. 347, n. 6223, p. 768-771, fev. 2015.

- JENSEN, A. M. Threatened heritage and community archaeology on Alaska's North Slope. In: DAWSON, T. *et al.* (ed.). *Public Archaeology and climate change*. Oxford (GB): Oxbow, 2017. p. 126-137.
- JOHNSON, A.; MARRACK, L.; DOLAN, S. Threats to coastal archaeological sites and the effects of future climate change: impacts of the 2011 tsunami and an assessment of future sea-level rise at Hōnaunau, Hawai'i. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, v. 10, n. 2, p. 232-252, maio 2015.
- KAUFMAN, B.; KELLY, C. S.; VACHULA, R. S. Paleoenvironment and Archaeology provide cautionary tales for climate policymakers. *Geographical Bulletin*, v. 59, n. 1, p. 5-24, maio 2018.
- KINCEY, M.; CHALLIS, K.; HOWARD, A. J. Modelling selected implications of potential future climate change on the archaeological resource of river catchments: an application of geographical information systems. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, v. 10, n. 2, p. 113-131, maio 2008.
- MILLER, D. Stone Age or Plastic Age? *Archaeological Dialogues*, v. 14, n. 1, p. 23-27, jun. 2007.
- MILNER, N. Destructive events and the impact of climate change on Stone Age coastal archaeology in North West Europe: past, present and future. *Journal of Coastal Conservation*, v. 16, n. 2, p. 223-231, jun. 2012.
- NEWLAND, M. *et al.* Racing against time: preparing for the impacts of climate change on California's archaeological resources. In: DAWSON, T. *et al.* (ed.). *Public Archaeology and climate change*. Oxford (GB): Oxbow, 2017. p. 115-125.
- NOORT, R. V. Conceptualizing climate change archaeology. *Antiquity*, v. 85, n. 329, p. 1039-1048, set. 2011.
- NOORT, R. V. *Climate Change Archaeology: building resilience from research in the world's coastal wetlands*. Oxford (GB): Oxford University Press, 2013.
- PÉTURSDÓTTIR, Þ. Climate change? Archaeology and Anthropocene. *Archaeological Dialogues*, v. 24, n. 2, p. 175-205, dez. 2017.
- PORPORA, D. V. Dehumanization in theory: anti-humanism, non-humanism, post-humanism, and trans-humanism. *Journal of Critical Realism*, v. 16, n. 4, p. 353-367, 2017.
- RATHJE, W. L. *et al.* The Archaeology of contemporary landfills. *American Antiquity*, v. 57, n. 3, p. 437-447, jul. 1992.
- RICHER, S. *et al.* Archaeology has no relevance. *Internet Archaeology*, n. 53, 19 jun. 2019.
- ROCKMAN, M. The necessary roles of Archaeology in climate change mitigation and adaptation. In: ROCKMAN, M.; FLATMAN, J. (ed.). *Archaeology in society*. New York (US): Springer, 2011. p. 193-215.
- ROCKMAN, M.; HRITZ, C. Expanding use of Archaeology in climate change response by changing its social environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 117, n. 15, p. 8295-8302, abr. 2020.
- ROSCOE, P. A changing climate for anthropological and archaeological research? improving the climate-change models. *American Anthropologist*, v. 116, n. 3, p. 535-548, 2014.
- RUBIN, J. C. R. *et al.* Patrimônio arqueológico e fenômenos climáticos: como os fenômenos IOS podem afetar os sítios arqueológicos do Bioma Cerrado. In: RUBIN, J. C. R.; SILVA, R. T. (ed.). *Geoarqueologia*. Goiânia: PUC-Goiás, 2018. p. 181-205.

- SANDWEISS, D. H.; KELLEY, A. R. Archaeological contributions to climate change research: the archaeological record as a paleoclimatic and paleoenvironmental archive. *Annual Review of Anthropology*, v. 41, n. 1, p. 371-391, 2012.
- SCARBOROUGH, V. L.; ISENDAHL, C. Distributed urban network systems in the tropical archaeological record: toward a model for urban sustainability in the era of climate change. *The Anthropocene Review*, v. 7, n. 3, p. 208-230, dez. 2020.
- SCHOFIELD, J. *et al.* Contemporary Archaeology as a framework for investigating the impact of disposable plastic bags on environmental pollution in Galápagos. *Journal of Contemporary Archaeology*, v. 7, n. 2, p. 276-306, 2020.
- SCHOFIELD, J. *et al.* 'Covid waste' and social media as method: an archaeology of personal protective equipment and its contribution to policy. *Antiquity*, v. 95, n. 380, p. 435-449, abr. 2021.
- SHAW, J. Archaeology, climate change and environmental ethics: diachronic perspectives on human: non-human: environment worldviews, activism, and care. *World Archaeology*, v. 48, n. 4, p. 449-465, ago. 2016.
- SILVA, D. L. A. *Gênese, química, mineralogia, geoquímica e modelagem de carbono do solo no setor leste da Ilha de Marajó* [Relatório]. 23 maio 2022.
- SITZIA, F.; PETERS, M. J. H.; LISCI, C. Climate change and its outcome on the archaeological areas and their building materials: the case study of Tharros (Italy). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, v. 25, p. e00226, jun. 2022.
- TAVARES, C.; PEREIRA, F. X. Quaternarian Seridó: bilingual text. *Terrae Didactica*, v. 18, p. e022027-e022027, out. 2022.
- VAN DE NOORT, R. *Wetland Archaeology in the 21st Century: adapting to climate change*. Oxford (GB): Oxford University Press, 2012.
- WESTLEY, K. *et al.* Climate change and coastal archaeology in the Middle East and North Africa: assessing past impacts and future threats. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, v. 0, n. 0, p. 1-33, set. 2021.
- ZANIRATO, S.; BANDEIRA, D.; KOEHNTOPP, P. Patrimônio arqueológico pré-colonial brasileiro costeiro num cenário de mudanças climáticas: um estudo dos sambaquis da Baía Babitonga/SC. *Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável*, v. 11, n. 2, p. 1-20, 2020.