

## DEBATENDO SOBRE O TIPPING POINT NAS AULAS DE BIOLOGIA: CONCEITO, REFLEXÃO E AÇÕES INDIVIDUAIS PARA MITIGAR A EMISSÃO DE CARBONO.

Carlos Felipe da Silva Melo <sup>1</sup>  
Cianir Mendonça dos Santos <sup>2</sup>

### INTRODUÇÃO

O conceito de *tipping point*, ponto de não retorno, ponto irreversível ou estado crítico gira em torno do colapso climático e a degradação dos ecossistemas por meio da ação humana, onde a crescente emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera desencadearia em mudanças climáticas severas a tal ponto onde não daria para recuperar o ecossistema degradado, onde a floresta perderia sua resiliência.

A estiagem cada vez mais prolongada no estado do Amazonas, a redução no volume de chuvas e o aumento da temperatura na região acendem o alerta quanto as mudanças do clima que ocorrem devido às ações antrópicas. Ao mesmo tempo que o estado do Amazonas passa por uma estiagem severa, a qualidade do ar é tida como péssima em várias cidades da Amazônia, em detrimento das queimadas, o que desencadeia na emissão de gases de efeito estufa.

Nesse contexto, por que não debater sobre a questão do clima, os efeitos da emissão de carbono e outros gases de efeito estufa durante as aulas de Biologia? Como conscientizar os alunos sobre o consumo consciente para mitigar a emissão de carbono, reduzindo assim, impactos no bioma Amazônia? Como a degradação da floresta, o clima, a emissão de carbono estão relacionados com nossas ações de consumo?

O presente trabalho buscou a compreensão de conceitos inerentes à mudança do clima, tipping point (ponto de inflexão) e a relação com a Amazônia; a reflexão por meio da utilização de calculadora de pegada de carbono que permitiu a análise de consumo de forma subjetiva; a ação dos discentes para promover alternativas subjetivas na redução de emissão de carbono mediante mudanças de hábitos do cotidiano que ajudariam a minimizar impactos ambientais.

---

<sup>1</sup> Especialista em Letramento Digital pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA) - AM, [carlos.felipe.edu20@gmail.com](mailto:carlos.felipe.edu20@gmail.com);

<sup>2</sup> Mestra em Zoologia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) - AM, [cianirbio@gmail.com](mailto:cianirbio@gmail.com).

Por meio da pesquisa-ação os alunos compreenderam a relevância da questão climática e ambiental, bem como o processo do tipping point e o que causa as emissões de gases de efeito estufa, além disso os discentes propuseram ações individuais para a redução da emissão de carbono por meio da reflexão (conscientização) e análise de suas ações subjetivas de consumo no cotidiano, resultando em pequenas mudanças de hábitos a começar pelas atitudes em casa e no ambiente escolar - para a redução de impactos ambientais relacionados ao modo de vida, transporte, consumo de energia, alimentação, aquisição de produtos.

## **METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)**

Trata-se de uma pesquisa-ação de cunho qualitativo, realizada com 100 (cem) alunos da 3ª série do ensino médio, na disciplina de Biologia, em uma escola pública da zona leste de Manaus-AM. As fases da pesquisa: a) Planejamento de estudos sobre *tipping point*; b) Implementação de ações para a redução de emissão de carbono; c) Avaliação de dados baseados na mudança de atitude dos discentes em relação ao consumo consciente de energia e produtos/serviços, a produção de lixo e emissão de carbono.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **O conceito de *Tipping Point* (ponto de inflexão) e a relação com a Amazônia**

Para compreender o conceito de tipping point (ponto de inflexão), ponto não-retorno, ponto irreversível ou estado crítico é necessário ter conhecimento acerca dos principais emissores de gases de efeito estufa (GEE), como esses gases intensificam o processo de aquecimento global e como essa interferência impacta na questão do clima.

Saraiva *et al.* (2014, p. 8) destacam que o gás carbônico ou dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o gás que mais contribui para o aquecimento global, representando 77% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera - emitido pela queima de combustíveis fósseis, desmatamento, mudanças no uso da terra e processos industriais; em segundo lugar com 14% a emissão de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) – resultante de práticas agrícolas, queima de biomassa, queima de combustíveis, esgoto, fertilizantes e a decomposição de resíduos vegetais; em terceiro com 8% de emissão, é o gás metano (CH<sub>4</sub>) - proveniente da extração de combustíveis minerais, produções de combustíveis

fósseis, pela decomposição de matéria orgânica, aterros de resíduos urbanos, pecuária. O metano apesar de ser emitido em menor quantidade, tem o poder de aquecimento da atmosfera superior ao poder do dióxido de carbono e do óxido nitroso.

O efeito estufa é um processo natural que envolve a retenção de calor irradiado pelo sol na superfície terrestre, isto é, parte da energia solar que chega ao planeta é absorvida pela superfície da Terra e pelos oceanos, aquecendo-os. Os gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), impedem que o calor seja totalmente devolvido ao espaço, a concentração de gases na atmosfera causa o aquecimento global. Quanto mais emissão desses gases, maior a probabilidade de retenção de calor, aumentando ainda mais a temperatura global, possibilitando a intensificação dos eventos climáticos extremos.

Beylat *et al.* (2024) e Lenton *et al.* (2019) classificam e alertam quanto descongelamento do Permafrost, a instabilidade do manto de gelo na Antártida Ocidental e Oriental, a redução da área de gelo marinho no Ártico, o branqueamento em massa dos corais na Austrália, a morte da floresta boreal e as secas frequentes na floresta amazônica podem ser alertas de que os pontos de inflexão estão em andamento e se intensificaram na última década. Cândido *et al.* (2007) ressaltam que somente o aumento da temperatura já afetará a biodiversidade dos ecossistemas da Amazônia, trazendo eventos extremos mais frequentes e intensos, como enchentes e secas prolongadas.

Em 1991, o climatologista Carlos Nobre desenvolveu um trabalho de pesquisa em uma determinada área de floresta tropical que cobre o bioma Amazônia, foi analisada uma área de controle e outra área degradada que foi convertida em pastagem. Em análise, constatou-se que a superfície da área degradada aumentou 1-3 °C e a evapotranspiração reduziu em 20% - 30%. Nobre *et al.* (1991) ressaltaram que a constante conversão de florestas em áreas de pastagens causariam mudanças no microclima das áreas perturbadas. Sendo o tamanho da área perturbada grande, até mesmo o clima regional poderia ser afetado.

Mudanças no ciclo hidrológico da região e a ruptura disófica de relações complexas entre plantas e animais poderiam ser tão profundas que, uma vez destruídas as florestas poderiam não ser capazes de se reestabelecer (NOBRE, 1991, p. 983).

Esse ponto de ultrapassagem da capacidade da floresta se reestabelecer ou a perda de resiliência da floresta - onde o ecossistema não consegue se recuperar devido a intensa degradação que resulta na perda ou morte da floresta é compreendida como *tipping point*.

Entretanto é possível afirmar que com temperaturas mais altas e estresse hídrico maior, a floresta fica vulnerável a secas e a um maior risco de queimadas. Este cenário de *die-back* que acontece quando o *tipping point* é ultrapassado colocaria a floresta amazônica como emissora de carbono (e não mais como sumidouro de carbono). Porém, alguns estudos apontam que a floresta pode ser mais resiliente do que se pensa e poderia não ser afetada pelo *die-back*. (MARENGO; SOUZA, 2018, p. 23).

Para Nobre (2014, p. 25) “o ponto de não retorno é o começo de uma reação em cadeia. Quando a primeira cai, todas as outras também caem. Uma vez brutal e irreparavelmente desestabilizado, o sistema de vida na floresta saltará, em última instância, para outro estado de equilíbrio”. Nobre *et al.* (2024, p. 239) alertam sobre o risco de savanização do bioma Amazônia, com a continuação do desmatamento e elevação da temperatura na região. Estudo de Andreae *et al.* (2004) ponderam que a fumaça pesada oriunda dos incêndios florestais na Amazônia reduz o tamanho das gotículas de nuvens, atrasando o início da precipitação, afetando a estação chuvosa.

Um ponto de não retorno na Amazônia é o valor de um estressor (por exemplo, estresse térmico ou hídrico, além do qual a floresta entraria em colapso irreversível, localmente ou em maior escala (colapso sistêmico), mudando para um estado de vegetação aberta (não florestada)”. (FLORES, 2023, p. 3)

Na Amazônia a escassez de chuva em algumas regiões, o aumento da temperatura, e a terra seca favorece o avanço das queimadas, que ocorrem devido ações antrópicas. As queimadas emitem gases de efeito estufa, o desmatamento acontece geralmente para a criação de gado transformando a floresta em pastagens e abrindo clareiras, vale destacar que em grandes áreas de desflorestamento a capacidade de recuperação é mais lenta. Copertino *et al.* (2019, p. 5) declaram que o desmatamento e queimadas alteram o equilíbrio desse ciclo hidrológico, reduzem a evapotranspiração da floresta, diminuindo as chuvas sobre a própria Amazônia e aumentando o risco de tempestades extremas no sul e sudeste do país. A Amazônia já entrou em um novo regime de clima mais quente e

altamente variável, com estações secas mais prolongadas e intensas. Para Marengo e Souza (2018, p. 23) “A gravidade das secas de 2005, 2010 e 2015 pode representar os primeiros reflexos deste ponto de inflexão ecológica. Esses eventos, junto com as fortes inundações de 2009, 2012 e 2014, sugerem que todo o sistema está oscilando”. No ano de 2024, o estado do Amazonas passou uma situação de estiagem mais severa do que a de ano anterior, a seca dos rios acarretou prejuízos em grande parte dos municípios do estado dificultando o acesso as cidades por vias fluviais, agravado pela escassez de chuva na região, altas temperaturas e cidades cobertas de fumaça, enquanto no estado do Rio Grande do Sul o excesso de chuva deixou milhares de pessoas desabrigadas, elevando o nível dos rios.

### **A utilização de calculadoras de pegada de carbono com alunos do ensino médio.**

Para Campos (2011, p. 7) “conforme as pessoas e o mercado se conscientizam de sua parcela de culpa pelo aquecimento global, começam a recorrer às neutralizações de carbono como uma forma de compensar suas emissões. Campos (2011, 14) ainda acrescenta que para reduzirmos significativamente as emissões de efeito estufa, devemos realizar uma série de alterações nos padrões e condutas da nossa sociedade atual.

Alves et al. (2020, p. 500) elencam algumas calculadoras de pegada de carbono, tais como da Iniciativa Verde, Idesan e Footprint.henkel – que são destinadas para pessoas físicas. Brito e Tavares (2016, p. 3) expõem uma campanha que considera algumas atividades e aspectos do cotidiano individual e as relacionam com o fenômeno de aquecimento global, tais como: consumo de energia elétrica, uso de transporte, alimentação, estilo de vida (vestuário, lazer etc.), geração de lixo.

No ambiente escolar, podemos utilizar o aplicativo GoGreen, pois segundo Carvalho (2021, p. 16) essa cultura de maior conscientização ambiental pessoal deve se refletir não somente em casa, mas também em locais de trabalho e prédios do setor público. Nesse contexto, essa conscientização pode ser implementada nas instituições de ensino – considerando o consumo consciente de energia elétrica, redução no uso de materiais descartáveis, por exemplo. Blaustein (2011) relata que quando um ponto de inflexão – o limite crítico – é alcançado, uma pequena mudança na atividade humana pode ter consequências a longo prazo sobre o meio ambiente.

Tratar da questão climática é tratar de uma questão de risco, os melhores modelos climáticos dão indicativos de que há um risco real de que a continuidade das emissões humanas terá sérias consequências para o equilíbrio climático. (AUTRÁN, 2020, p. 124)

Nesse sentido, com a utilização de calculadoras de pegadas de carbono, os alunos puderam ter o conhecimento do quanto eles emitem CO<sup>2</sup> por meio do consumo de energia, alimentos, meio de transporte e aquisição de produtos. Com a pesquisa os alunos notaram o quanto o consumo em excesso, o desperdício de água e energia, e atitudes do cotidiano impactam no meio ambiente, devido ao meio de produção e transporte desses objetos de consumo. Senna *et al.* (2014) relatam que a Amazônia é um dos ecossistemas mais importantes do mundo, vital para a biodiversidade e para o ciclo global de carbono.

### **Reflexões e ações: alternativas para a redução da emissão de carbono**

O essencial seria uma mudança no estilo de consumo, uma vez que o caminho para a melhor qualidade de vida passa pela valorização do ambiente natural de que nós usufruímos. O que implica também numa revisão dos nossos procedimentos ou postura com relação à natureza, onde devem estar incluídas a consciência dos valores naturais e a necessidade do seu uso adequado, seja em casa, na vida social, na rua ou no trabalho. (CAMPOS, 2011, p. 10-11).

Para a compreensão do consumo discente e noção de emissão de carbono, foram utilizadas duas ferramentas de coletas de dados, a primeira foi a calculadora de pegadas de carbono e a outra foi um questionário baseado no consumo subjetivo. Foi considerado no trabalho os objetivos de desenvolvimento sustentável - ODS (2018): 12 – Consumo e produção responsáveis, 13 – Ação contra a mudança do clima e 15 – Vida terrestre.

Com relação ao consumo de itens de vestuário - roupas e calçados – 58,5% dos entrevistados sinalizaram adquirir roupas em lojas populares, 56% em Shopping Centers, 43% sites de compras, 17% camelôs/vendedores ambulantes, 11,5% em catálogo de compras, 12% brechós e 7,5% doações.

Com relação ao meio de transporte, 51,5% dos alunos utilizam transporte por aplicativos, 37% transporte público, 36,5% carro da família, 19,5% motocicleta, 5% bicicleta, somente 3% usam bicicleta/moto elétrica. Observa-se que grande parte dos entrevistados, preferem transporte particular ao invés do transporte público o que gera maior emissão de dióxido de carbono devido a queima de combustíveis fósseis.

Alencar (2023, p. 16) classifica as fontes de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) em sistemas alimentares no Brasil, tanto nas conversões de uso da terra que emitem ( $\text{CO}_2$ ), na queima de resíduos e vegetação nativa ( $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ) e nas alterações no estoque de carbono no solo ( $\text{CO}_2$ ). A maior parcela das emissões de GEE é proveniente de setores que lidam com a mudança de uso da terra e da floresta, o qual contabiliza o desmatamento, respondendo por 56,3% das emissões nacionais por sistemas alimentares, em segundo lugar com 33,7% o setor de pecuária. Nota-se que os setores de uso da terra e pecuária correspondem a 90% de emissões por sistemas alimentares. Segundo o autor, o bioma Amazônia é o predominante nas emissões dos sistemas alimentares.

Com relação ao consumo de alimentos, 80% relataram comprar com mais frequência alimentos congelados (frango, carne suína, carne bovina) para o consumo, 48% alimentos in natura comprados na feira/mercado (peixes, carne, ovo); 44,5% comida processada (linguiça, calabresa, salsicha, macarrão instantâneo) e 16,5% enlatados (sardinha, salsicha em lata, conserva, atum). Nota-se que o consumo de carne predomina em relação a outros tipos de alimentos, para a criação de gado é necessário desmatar cada vez mais áreas de floresta e transformá-la em pasto, pois o Brasil é um grande consumidor de carne bovina e ainda exporta para outros países como China, Estados Unidos e Emirados Árabes, há a questão da refrigeração e transporte que demanda combustível,

Com relação ao consumo de energia, 44,5% sinalizaram que moram com 4-5 pessoas, 22% vivem com 3 pessoas, 16,5% convivem com 6-7 pessoas na mesma casa, 16% moram com alguém – geralmente companheiro(a), 4% residem com mais de 10 pessoas e apenas 1% mora sozinho(a). Entre os produtos que mais consomem energia, 98,5% dos estudantes tem pelo menos uma geladeira/freezer, 98% televisão, 91,5% ar-condicionado, 47,5% microondas e air fryer, 38% computador/notebook, 29% videogame e 15% afirmaram usar chuveiro elétrico em casa. Quando perguntados sobre quais aparelhos o aluno ou a família costuma deixar conectado na tomada – mesmo quando não faz uso do equipamento, os alunos classificaram: Televisão (78%), ar-condicionado (60%), ventilador (57%), carregador de celular (55,5%), fogão (49,5%), computador (10,5%) e videogame com (9%), outros aparelhos com (18,5%). Nesse contexto, o consumo fantasma desses aparatos podem totalizar até 12% do consumo de energia elétrica, sendo um desperdício de energia. Sobre o tipo de lâmpada usado em casa: 85% utilizam lâmpadas LED (7 Watts), 17% lâmpadas fluorescente (15 Watts) e 17% lâmpadas incandescente (60Watts).



A respeito do consumo de água, a média de tempo gasta durante um banho oscila entre 5 a 10 minutos, 25 % dos alunos mantêm a torneira da pia aberta enquanto lava loça ou escova os dentes, 22% sinalizaram que às vezes desperdiçam água dessa forma, sendo que 54% tem o hábito de utilizar de forma consciente.

Cerca de 51,5% dos discentes relataram usar sacolas retornáveis durante as compras em um supermercado, 32,5% compram sacolas plásticas no mercado, 15,5% costumam acomodar as compras em caixas de papelão disponíveis no estabelecimento, 13% costumam reutilizar sacolas de compras anteriores, 3% guardam as compras em embalagens de fardos e similares. Quanto a práticas de consumo e meio ambiente na escola, 41% dos alunos utilizam garrafas térmicas quando saem de casa, 30,5% utilizam copos descartáveis, 26,5% usam uma garrafinha/squeeze, 35% costumam adotar um copo, 8% usa um copo reutilizável. Esses pequenos hábitos auxiliam na redução de lixo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi aplicado um questionário com 100 (cem) alunos do ensino médio com o intuito de analisar o modo de consumo subjetivo de cada participante e analisar o conhecimento prévio sobre a temática da pesquisa. Como resultado, quando perguntados sobre os conceitos sobre o clima e meio ambiente, apenas 4,5% já tinham ouvido falar sobre o tipping point, sendo que o conceito de aquecimento global (74%), mudanças climáticas (68%) e efeito estufa (65%) foram os conceitos mais destacados pelos educandos.

Dentre as competências específicas de Ciência da Natureza e Suas Tecnologias para o ensino médio descritas na Base Nacional Comum Curricular, destacamos:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para promover ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (BRASIL, 2018, p. 553).

Um alerta do *tipping point* é o processo de savanização da floresta amazônica, evidenciado cada vez mais pelas estiagens prolongadas nos últimos anos, secas dos rios e escassez de chuva na região. Com as queimadas no bioma Amazônia, isso se agrava,



pois a floresta perde a resiliência e o equilíbrio do carbono. Frente a esse cenário, Como os alunos, a escola e a comunidade podem contribuir em relação a emissão de carbono no meio ambiente? Que ações do cotidiano podem ser feitas para ajudar no equilíbrio do bioma e do clima na Amazônia? Por meio de debates sobre a questão das emissões de carbono, a utilização de calculadora de pegada de carbono e questionário foi possível classificar ações subjetivas para a redução de carbono no meio ambiente.

De acordo com os discentes, algumas ações do cotidiano podem fazer a diferença, tais como: reduzir o consumo de produtos que possuam excesso de plástico ou embalagem; consumir mais alimentos in natura como frutas, verduras e peixes; reduzir o consumo de carne bovina; evitar o consumo de alimentos processados; priorizar o uso de transporte público; utilizar ecobags nas compras no supermercado; comprar produtos recicláveis ou retornáveis; diminuir o volume de compras supérfluas ou desnecessária; não queimar lixo no quintal; desligar e tirar da tomada todos os eletrodomésticos que não estejam em uso; evitar desperdiçar e economizar energia o água; manter as torneiras sem vazamento; demorar menos no banho; gerar menos lixo; utilizar squeeze ou adotar um copo – evitando utilizar copos descartáveis em outros ambientes; escolha comprar produtos de empresas locais e de preferência aquelas que contribuem com o meio ambiente, optar por compras nacionais ao invés de adquirir produtos importados – por mais que sejam mais baratos, a emissão de carbono é maior no transporte desses produtos.

Marengo e Souza (2018, p. 20-24) “com a continuidade de altas taxas de desmatamentos na Amazônia, o enorme patrimônio ambiental conquistado pela sociedade brasileira, com a a criação de áreas protegidas na Amazônia, ficará sob enorme risco de climas mais secos e dos processos de tipping point”. Os autores acrescentam que os primeiros modelos elaborados para responder a possibilidade de tipping point e de dieback da Amazônia em termos de extensão de áreas de desmatamento mostraram que esse tipping point ou ponto de inflexão poderia ser atingido se o desmatamento da floresta atingisse 40%. Segundo os resultados da pesquisa de Sampaio *et al.* (2019) as secas recorrentes em períodos curtos afetam a recuperação do ecossistema, o que aumenta o risco de queimadas e mortalidade das árvores.

Flores *et al.* (2023, p. 2) classificam nove maneiras de evitar o ponto de não-retorno da Amazônia, a saber: redução das emissões globais de gases de efeito estufa; acabar com o desmatamento, degradação e incêndios florestais em larga escala na Amazônia; restaurar florestas; criar e manter áreas protegidas e territórios indígenas; investir em ciência, tecnologia e inovação na Amazônia; fortalecer a participação de organizações da

sociedade civil; desenvolver uma socio bioeconomia sustentável de saudáveis florestas em pé e rios fluindo; manter a conectividade florestal e fluvial ao longo da fronteira Andes-Amazônia; incluir os direitos fundamentais da Amazônia nas constituições dos países amazônicos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os discentes compreenderam a importância do consumo consciente para evitar o *tipping point*, tendo a ciência que pequenas atitudes do dia a dia geram impactos tanto no meio ambiente, bem como agrava a questão climática. O que requer mudanças de hábitos de consumo subjetivos e coletivos para evitar o colapso do bioma, que sofre com as queimadas e desmatamento. Os alunos além de refletirem sobre a questão climática, classificaram ações que podem ser tomadas no cotidiano que ajudam a mitigar a emissão de carbono relacionados ao modo de vida, transporte, consumo de energia, alimentação, aquisição de produtos.

**Palavras-chave:** Tipping Point; Emissão de carbono, Ações individuais, Biologia, Redução de impactos.

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM pela bolsa concedida no âmbito do Programa Ciência na Escola (PCE), ao Governo do Estado do Amazonas, Secretaria de Estado e Educação do Amazonas, aos docentes e discentes que participaram da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

ALENCAR, A. *et al.* Estimativa de emissões de gases de efeito estufa dos sistemas alimentares no Brasil. **SEEG**, 2023.

ANDREAE, M. *et al.* “Smoking rain clouds over the Amazon”. **Science**, 303, 1337-1242, 2004.

ALVES, E.B. B. M. *et al.* Brazilian carbon footprint calculators: comparative approaches and implications of using these tools. **Carbon Management**, v. 11, 499-510, 2020.

AUTRÁN, R. R. Uma máquina do tempo para frear a savanização da floresta amazônica. **Climacon Cultura Científica** – Pesquisa, jornalismo e arte, ano 7, n. 17, jun. 2020.

BEYLAT, S. *et al.* La science des point de bascule. **La Météorologie**, n. 124, p. 44-48 fev. 2024.

BLAUSTEIN, R. Amazon Dieback and the 21st Century. **Bioscience**, 61(3), p. 176-182, 2011.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular – Educação é a base. Brasília: **MEC**, 2018.

BRITO, T. M.; TAVARES, J. L. Pegada de carbono: Análise comparativa de uma geração individual de CO<sub>2</sub> equivalente por metodologia da ONG iniciativa verde. VII Congresso de Gestão Ambiental. Campina Grande: **Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS**, 2016.

CAMPOS, R. F. Pegada de carbono: A relação entre mudanças climáticas e hábitos insustentáveis. **Revista Geográfica de América Central**. EGAL – 2011, II Semestre, p. 1-16, Costa Rica, 2011.

CÂNDIDO, L. A. *et al.* O clima atual e futuro da Amazônia nos cenários do IPCC: A questão da savanização. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, São Paulo, jul./sep. 2007.

CARVALHO, M. *et al.* Environmental education through an app for the quantification of the carbon footprint. **Research Society and Development**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2021.

COPERTINO, M. *et al.* Desmatamento, fogo e clima estão intimamente conectados na Amazônia. **Ciênc. Cult.**, v. 71, n. 4, São Paulo, out./dez. 2019.

FLORES, B. M. *et al.* Nove maneiras de evitar o ponto de não-retorno da Amazônia. Mudança Climática. New York: **SPA – Science Panel for the Amazon**, 2023.

LENTON, T. M. *et al.* Climate tipping points – too risky to bet against: The growing threat of abrupt and irreversible climate changes must compel political and economic action on emissions. **Nature**, 2019.

MARENGO, J. A.; SOUZA JR, C. Mudanças climáticas: impactos e cenários para a Amazônia. São Paulo: **ALANA**, 2018.

NOBRE, A. D. *et al.* As metrópoles brasileiras no contexto das mudanças climáticas: Entrevista com Carlos Nobre. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, v. 6, Brasília, 2024.

NOBRE, A. D. The future climate of Amazon. **Scientific Assessment Report**, 2014.

NOBRE, A. D. *et al.* Amazonian Deforestation and Regional Climate Change. **Journal of Climate**, 4, 985-988, 1991.

ONU. Agenda 2030: ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 de out. 2024.

SARAIVA, D. P. et al. A terra em tempos de mudança climática e a ação da floresta. Manaus: **INPA**, 2014.

SENNA, M. *et al.* Modeling the impact of net primary production dynamics on post-disturbance Amazon savannization. **Annals of the Brazilian Academy Science**, 86(2), 2014.