

## Artigo de Pesquisa

**GEOTECNOLOGIAS NA DIFUSÃO DE CONHECIMENTO SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ENSINO SUPERIOR****Geotechnologies in the diffusion of knowledge about climate change in higher education**Angélica Rodrigues Rocha<sup>1</sup>, Flávio Wachholz<sup>2</sup>, Samara Aquino Maia<sup>3</sup><sup>1</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil. Email: [angelica.rocha@outlook.com](mailto:angelica.rocha@outlook.com) <https://orcid.org/0000-0002-4458-8614><sup>2</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil. Email: [fwachholz@uea.edu.br](mailto:fwachholz@uea.edu.br) <https://orcid.org/0000-0003-1241-4844><sup>3</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil. Email: [samara.geouea@gmail.com](mailto:samara.geouea@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-3038-5004>

Recebido em 22/12/2023 e aceito em 24/02/2024

**RESUMO:** A temática de Mudanças Climáticas retornou ao centro das discussões dos grandes encontros entre líderes, tomadores de decisões e sociedade civil. O sensoriamento remoto se enquadra como uma ferramenta indispensável nos estudos relacionados ao agravamento e aceleração dos processos de mudanças climáticas e seus impactos em níveis locais, regionais e global. O objetivo deste trabalho foi apresentar uma sequência didática e aplicar ferramentas tecnológicas no ensino de sensoriamento remoto em turmas do curso de Geografia da Universidade do Estado do Amazonas. A metodologia consistiu na elaboração de uma dinâmica em formato de aula interativa. A aula foi dividida em três blocos: I) Diagnóstico Situacional; II) Conceitos sobre Mudanças Climáticas e Sensoriamento remoto e a integração entre as temáticas e II) Aplicação de Geotecnologias. As ferramentas geotecnológicas utilizadas foram o Google Earth Engine, Maquete virtual e em Realidade Aumentada. A dinâmica do ponto de vista dos aplicadores aconteceu na maior parte do tempo como previsto no plano de ensino, no entanto, devido ao tempo limitado algumas etapas precisaram ser aplicadas em velocidade mais acelerada do que o ideal. A resposta das turmas foi muito receptiva a inserção da temática de Mudanças Climáticas, especialmente quando inserida junto à assuntos de sua familiaridade e que compõe a grade curricular, com 74% dos estudantes se sentindo muito interessado no aprofundamento dos estudos ao final da dinâmica.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto; Maquete virtual; Realidade aumentada; Google Earth Engine; Geografia.

**ABSTRACT:** The theme of Climate Change returned to the center of the discussions of the great meetings between leaders, decision makers and civil society. Remote Sensing is an indispensable tool in studies related to the worsening and acceleration of climate change processes and their impacts at local, regional and global levels. The objective of this study was to present a didactic sequence and apply technological tools in the teaching of remote sensing in classes of the Geography course of the University of the State of Amazonas. The methodology consisted in the elaboration of a dynamic in an interactive classroom format. The class was divided into three blocks: I) Situational Diagnosis; II) Concepts on Climate Change and Remote Sensing and the integration between the

themes and II) Application of Geotechnologies. The geotechnological tools used were Google Earth Engine, Virtual Model and Augmented Reality. The dynamics from the point of view of the applicators happened most of the time as planned in the teaching plan, however, due to the limited time some steps needed to be applied at a faster speed than ideal. The response of the classes was very receptive to the inclusion of the theme of Climate Change, especially when inserted with the subjects of their familiarity and that composes the curriculum, with 74% of students feeling very interested in deepening their studies at the end of the dynamic.

**Keywords:** Remote sensing; Virtual model; Augmented Reality; Google Earth Engine; Geography.

## INTRODUÇÃO

A temática de Mudanças Climáticas retornou ao centro das discussões dos grandes encontros entre líderes, tomadores de decisões e sociedade civil. Na maior reunião global sobre clima, a Conferência das Partes (COP, sigla em inglês) ocorrida em 2022 no Egito, e corroborada no relatório de 2023 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) foi constatada a necessidade de ações das políticas públicas serem focadas na mitigação e na adaptação às Mudanças Climáticas e não apenas nas medidas preventivas, já que o cenário de eventos extremos está cada vez mais frequente e inevitável.

O fenômeno das mudanças climáticas refere-se às alterações naturais e antrópicas de longo prazo nos padrões climáticos nas temperaturas, nos regimes de chuvas e nos níveis do mar. O entendimento e a resposta a esse fenômeno são importantes, uma vez que seus impactos podem afetar a segurança alimentar e hídrica, a biodiversidade, a economia global e a qualidade de vida da sociedade (ABBASS et al., 2022). À medida que o clima continua a evoluir de maneira complexa e muitas vezes sem as devidas medidas adaptativas, a capacidade de monitorar e analisar essas mudanças em grande escala e por longo prazo tornou-se fundamental.

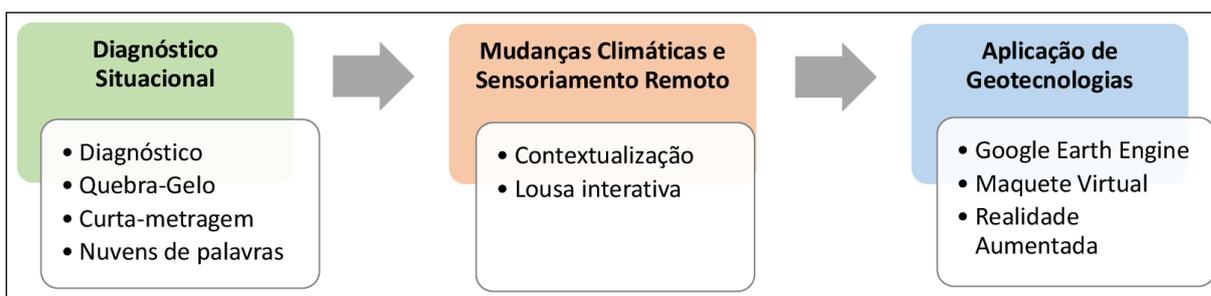
Nesse contexto, o sensoriamento remoto (SR) se enquadra como uma ferramenta indispensável nos estudos relacionados ao agravamento e aceleração dos processos de Mudanças Climáticas e seus impactos em níveis locais, regionais e global (HUSSAIN et al., 2022; REN et al., 2022; TIAN et al., 2022; ZHANG, 2022). Por meio dele é possível a coleta de grande volume de dados a distância em diferentes plataformas como satélites, aeronaves e drones (NOVO, 2010). Os dados advindos de SR oferecem informações valiosas sobre as condições climáticas e suas consequências, como a elevação do nível do mar, o derretimento das geleiras, a previsão de tempo, a cobertura de nuvens e o comportamento da temperatura.

Tendo isso em vista, a inserção no ensino superior de conteúdos relacionados as possibilidades da utilização de ferramentas que possam contribuir para a formação de profissionais capacitados no desenvolvimento de atividades de enfrentamento das Mudanças Climáticas como as geotecnológicas é urgente (FOSS e KO, 2019; LONDERO et al., 2021; ZEZZO e COLTRI, 2022). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma sequência didática e aplicar ferramentas tecnológicas no ensino de SR em turmas do curso de Geografia da Universidade do Estado do Amazonas para difusão de conhecimentos sobre Mudanças Climáticas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O plano de ensino foi pensado considerando estudos em outras regiões e em diferentes áreas sobre os meios mais efetivos de aprendizagem sobre temas de grande relevância como Mudanças Climáticas, onde concluíram que a melhor abordagem de aprendizagem é a participativa e ativa do público-alvo (FOSS e KO, 2019). Bem como, foram seguidas as recomendações da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO, 2014) do ensino de Educação sobre Mudanças Climáticas para Desenvolvimento Sustentável (EMCDS), que orienta o direcionamento das atividades voltadas para resolução de problemas locais, fortificando as ações de mitigação e a capacidade de adaptação das comunidades, partindo do conhecimento local e contribuir para o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da agenda de 2030 (UNESCO, 2017; BUCE, 2022).

A metodologia consistiu na elaboração de uma dinâmica em formato de aula interativa em duas turmas no curso de licenciatura do sétimo período de Geografia da Universidade do Estado do Amazonas, na disciplina de “Geotecnologias Aplicadas ao Ensino de Geografia”. A aula foi ministrada nas turmas matutina (24 estudantes) e noturna (18 estudantes), no laboratório de Cartografia e Geotecnologia da Escola Normal Superior no mês de agosto de 2023 e foi dividida em 3 blocos: I) Diagnóstico Situacional; II) Conceitos sobre Mudanças Climáticas e Sensoriamento remoto e a integração entre as temáticas e II) Aplicação de Geotecnologias (Figura 1).



**Figura 1.** Estrutura da dinâmica aplicada nas turmas de Geografia. **Fonte:** autores (2023).

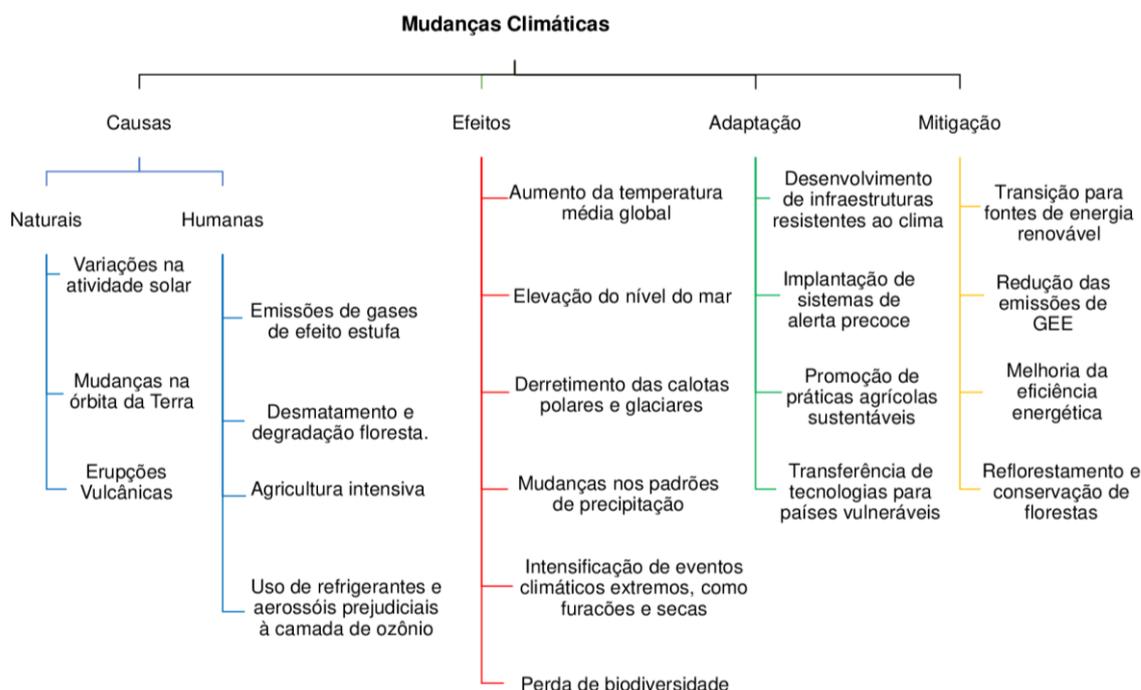
I) Diagnóstico Situacional: Teve o foco em avaliar o conhecimento inicial dos estudantes dos turnos matutino e noturno, onde foram utilizados formulários diagnósticos com perguntas sobre as temáticas via google forms (Quadro 1) e foi promovido um quebra-gelo para engajar a participação no decorrer da dinâmica. Um curta-metragem de animação, denominado “Migrants” (CABY et al., 2021), com abordagem sobre os impactos das Mudanças Climáticas foi reproduzido e foi construído junto com os estudantes nuvens de palavras para diagnóstico das percepções iniciais deles sobre os temas com a utilização da plataforma Mentimeter, de endereço eletrônico <https://www.mentimeter.com>

**Quadro 1.** Questionário diagnóstico aplicado aos estudantes.

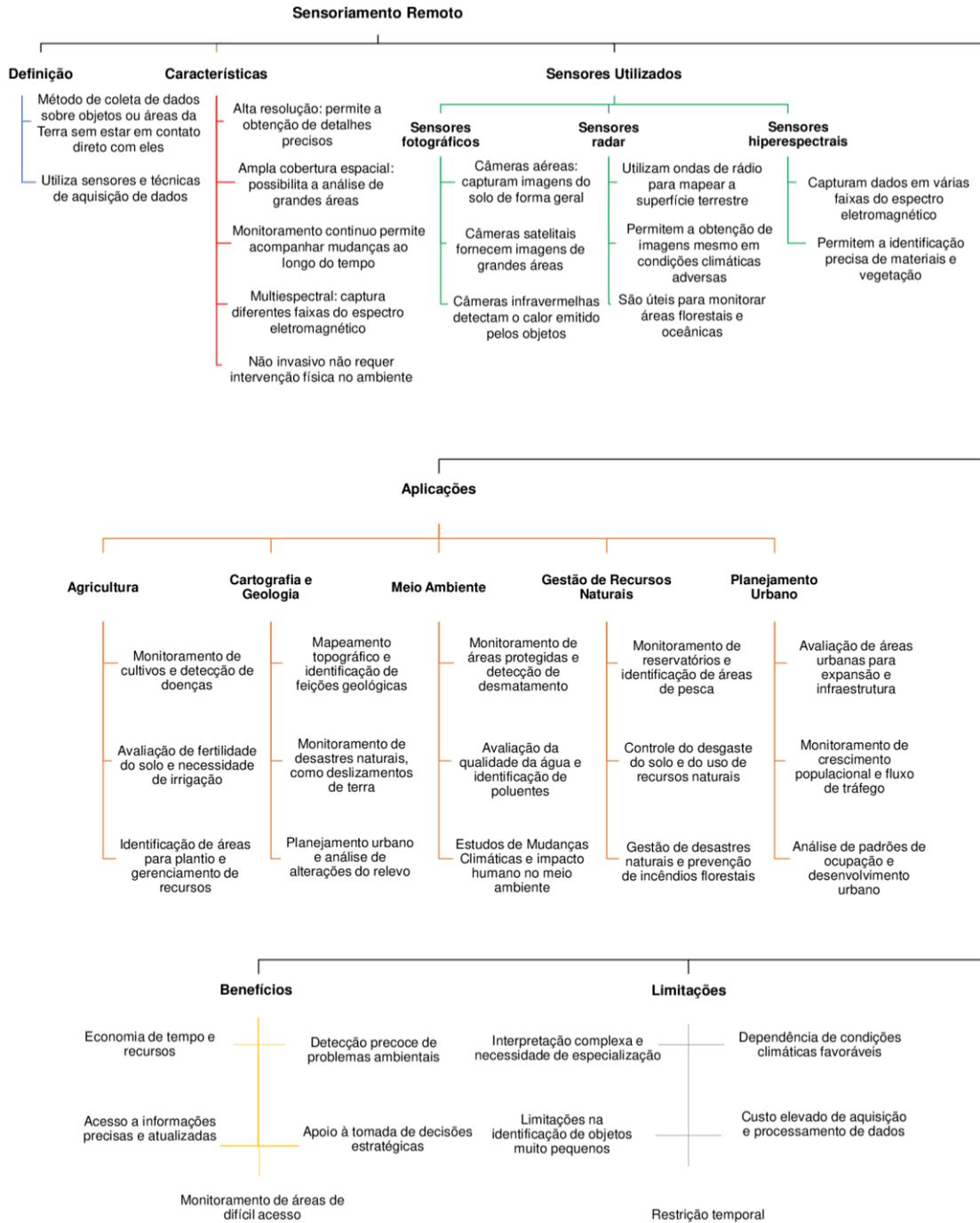
1)	<b>O que é sensoriamento remoto?</b>
F	Uma tecnologia usada para medir as mudanças climáticas em laboratórios.
F	O uso de sensores para monitorar o comportamento humano.
V	Uma técnica que combina imagens e dados obtidos a distância do seu alvo para processamento e estudos ambientais.
2)	<b>Como o sensoriamento remoto pode ser usado para monitorar florestas na mitigação das mudanças climáticas?</b>
F	Contando manualmente o número de árvores em uma floresta
V	Detectando alterações na cobertura florestal ao longo do tempo, como desmatamento ou reflorestamento
F	Monitorando o crescimento de árvores individuais.
3)	<b>Qual é a importância de monitorar o derretimento de geleiras usando sensoriamento remoto na mitigação das mudanças climáticas?</b>
F	Não há relação entre o derretimento de geleiras e as mudanças climáticas.
F	As geleiras não estão derretendo.
V	O derretimento de geleiras pode levar ao aumento do nível do mar e afetar ecossistemas e comunidades costeiras.
4)	<b>Quais são algumas das aplicações práticas do sensoriamento remoto na mitigação das mudanças climáticas?</b>
F	Observar estrelas e outros corpos celestes.
F	Monitorar o tráfego urbano.
V	Rastrear o desmatamento em florestas tropicais.
F	Investigar a presença de água em planetas distantes.
5)	<b>Como o sensoriamento remoto pode contribuir para o desenvolvimento de políticas de mitigação das mudanças climáticas?</b>
F	Não tem relação com a formulação de políticas climáticas
V	Fornecendo informações e dados precisos para embasar decisões e políticas públicas.
F	Não é relevante para a formulação de políticas ambientais.
6)	<b>Por que o uso de sensoriamento remoto é importante para combater as mudanças climáticas?</b>
F	Não é relevante, pois existem outras tecnologias mais eficazes.
F	Porque é uma abordagem inovadora e pouco utilizada.
V	Porque fornece uma visão ampla e abrangente do ambiente e das mudanças climáticas, permitindo tomar decisões informadas.
7)	<b>Quais são alguns dos desafios associados ao uso de sensoriamento remoto na mitigação das mudanças climáticas?</b>
V	Dificuldade em obter financiamento para a tecnologia.
F	Dependência excessiva de dados coletados no campo.
F	Nenhum desafio significativo está relacionado ao uso de sensoriamento remoto.
	V = Verdadeiro e F = Falso

II) Mudanças Climáticas e Sensoriamento Remoto: Foram apresentados vídeos explicativos sobre questões relacionadas às mudanças climáticas (ONU, 2021) e aplicado a integração entre dois esquemas estruturais sobre os processos de Mudanças Climáticas e as ferramentas advindas do sensoriamento remoto em uma lousa interativa compartilhada com a ajuda da plataforma mural (mural.co), onde os estudantes puderam associá-las e criar o seu próprio esquema integrando os temas.

Os esquemas lógicos iniciais sobre Mudanças Climáticas e Sensoriamento Remoto foram elaborados com o auxílio da Inteligência Artificial ChatMind, acessada no endereço eletrônico <https://chatmind.tech/> (Figura 2 e 3), o uso dessa nova tecnologia facilitou o planejamento da dinâmica criando um esquema bruto, porém, vale ressaltar que ajustes e conferências em fontes externas foram necessários a fim de garantir a exatidão e a procedência dos dados e informações gerados.



**Figura 2.** Esquema lógico adaptado sobre a temática Mudanças Climáticas produzido por Inteligência Artificial. **Fonte:** autores (2023).



**Figura 3.** Esquema lógico adaptado sobre a temática Sensoriamento Remoto produzido por Inteligência Artificial. **Fonte:** autores (2023).

III) Aplicação de Geotecnologias: Introduzimos a plataforma do Google Earth Engine aos estudantes com explicações de conceitos básicos de utilização e aplicação de códigos de extração de variáveis ambientais. Em seguida foi disponibilizada uma maquete virtual da área de estudo com indicações de impactos ambientais com relações diretas ou indiretas das mudanças climáticas e os estudantes puderam fazer uso da maquete em realidade aumentada com intenção de estimular o interesse pelo estudo de SR e de mudanças climáticas.

a) O Google Earth Engine foi utilizado para extração de variáveis ambientais:

- Precipitação – conjunto de dados da estação do Climate Hazards Groups (CHIRPS), com banco de dados de quase 30 anos e resolução espacial de 5566 metros. O CHIRPS incorpora imagens de satélite com dados de estação in-situ para criar séries temporais de precipitação para análise de tendências e monitoramento de secas sazonais.
- Temperatura - O produto MOD11A1 V6 fornece valores diários de temperatura da superfície terrestre em uma grade de 1200 x 1200 km fornecidas junto com as faixas de temperatura da superfície diurna e noturna.

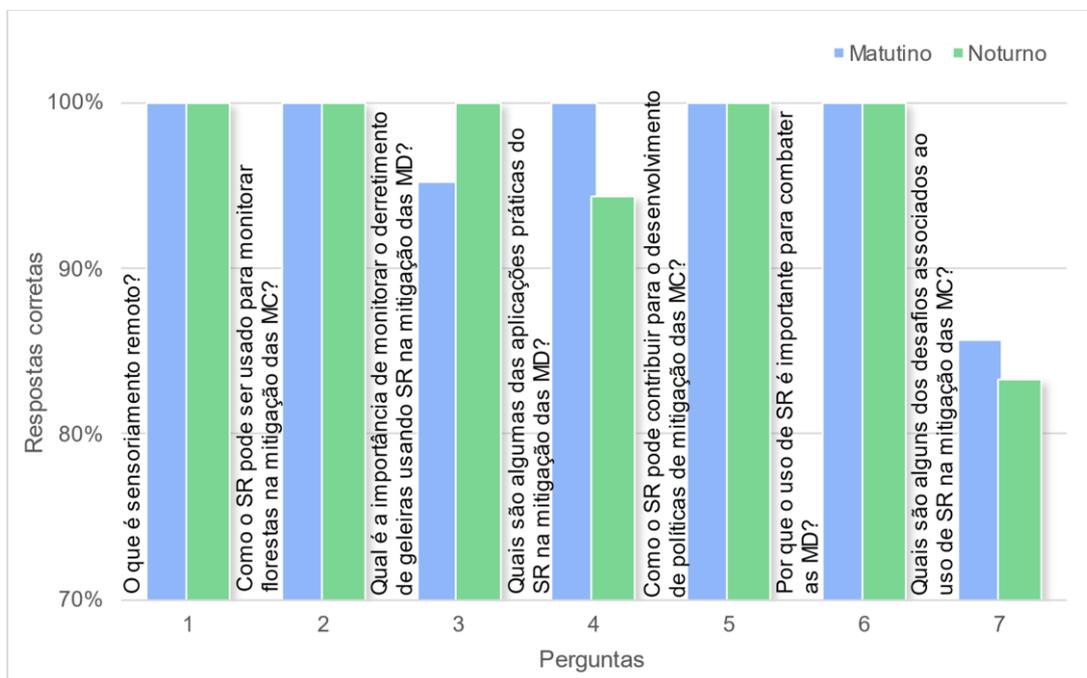
b) Maquete Virtual e Realidade Aumentada: Um modelo digital de terreno Alos Palsar de 23/09/2014, com resolução espacial de 12 m foi utilizado para criação tridimensional do relevo digital e uma imagem Landsat 8 de 10/08/2015 foi acoplada com a finalidade de melhor visualização da maquete. Os programas utilizados foram o Qgis para geração do relevo, do modelo 3D e dos arquivos preparatórios para importação na plataforma Sketchfab e conversão de uso para a tecnologia de realidade aumentada.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A resposta dos estudantes das duas turmas à aplicação da dinâmica no geral foi bastante positiva, com boa participação e interação em todo decorrer da aula interativa. A turma matutina se mostrou mais agitada e participativa quando comparada com a turma noturna, provavelmente devido ao horário de aplicação e a diferença de perfil de estudantes da turma, que a noite é composta por mais estudantes com rotina de trabalhos formais ao longo do dia. Os resultados dos questionários e da autoavaliação tiveram disparidade de respostas nas duas turmas, devido à atrasos da chegada dos estudantes matutinos e a necessidade de saída precoce por receio de perda de transporte à noite.

### Diagnóstico situacional

Inicialmente foi aplicado um questionário para poder compreender se o público-alvo do trabalho tinha conhecimento básico sobre as temáticas e auxiliar na construção do diagnóstico situacional dos estudantes, o resultado do questionário é apresentado na Figura 4. Observa-se que entre as turmas avaliadas as respostas ao questionário foram bem parecidas, alcançando 100% de acertos na maioria das perguntas, com exceção as perguntas 3, 4 e 7, que são relacionadas a realidade diferente da Amazônica a qual eles estão inseridos (3), a utilização pratica do SR em questões de mitigação (4) e os desafios entorno do uso de SR.

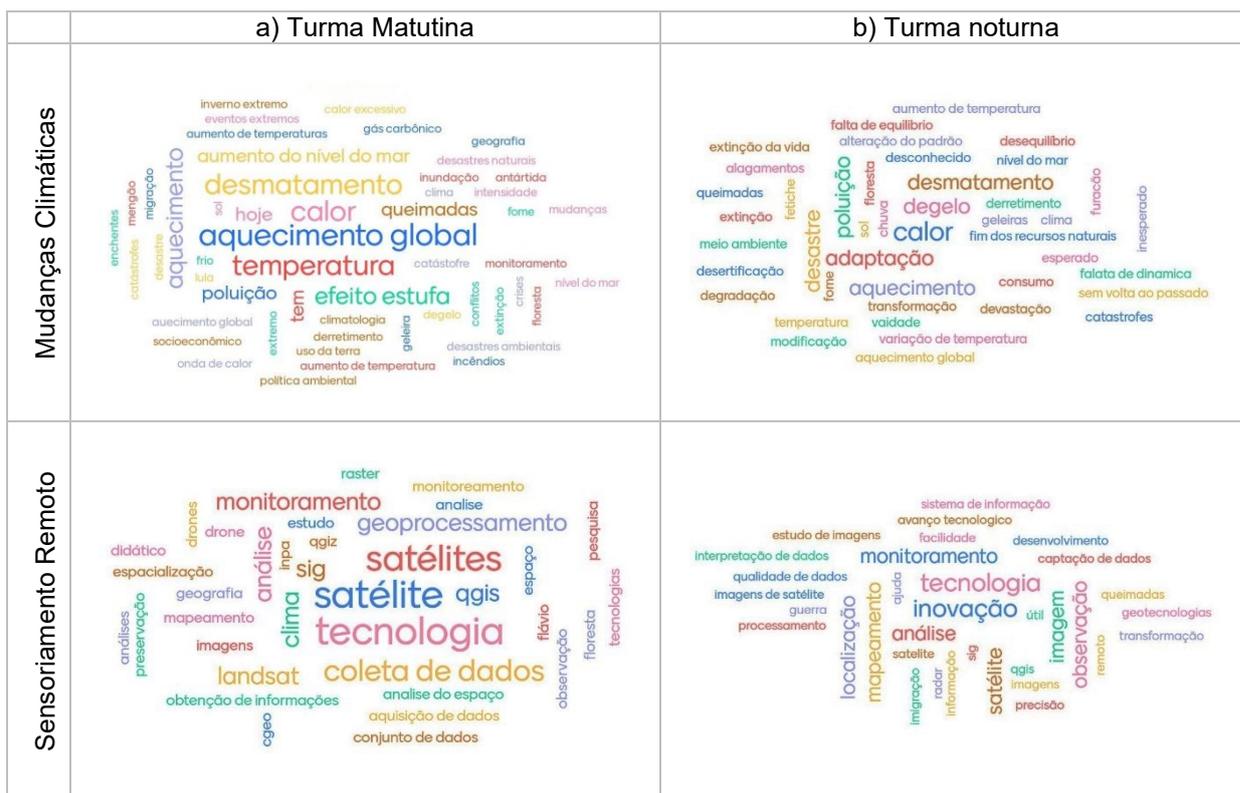


**Figura 4.** Quantidade de acertos ao questionário de diagnóstico aplicado nas turmas de Geografia. Turma matutina: n = 21; Turma noturna = 18). **Fonte:** autores (2023).

Após a aplicação do questionário foi promovido um quebra-gelo para descontrair os estudantes e estimular a participação, onde foi proposto o questionamento “O que você faria se estivesse em um desastre climático de inundação?”. Nas duas turmas a participação foi acalorada com forte participação e respostas diversificadas com solicitação de mais parâmetros de análise como “teríamos um bote?” ou “A inundação atingiu quais lugares?”, o que demonstra a capacidade crítica dos estudantes em tentar adquirir mais informações antes de responder perguntas.

Um curta-metragem intitulado “Migrants” de estudantes da escola francesa Pôle 3D (CABY et al., 2021), que aborda as consequências de desastres climáticos como a migração por alterações do clima representado na fuga de um urso polar para uma floresta tropical, foi reproduzido com a intenção de aproximar de forma lúdica o conhecimento popular de que as mudanças climáticas só impactam as geleiras e não podem afetar a realidade local.

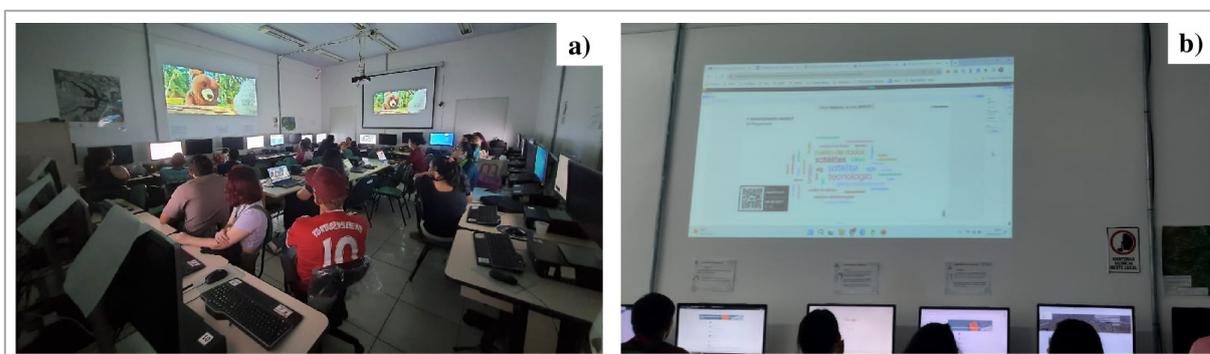
Em seguida foram construídas nuvens de palavras relacionadas as temáticas junto com os estudantes, onde eles tiveram que citar três termos mais corriqueiros dos dois temas, Mudanças Climáticas e Sensoriamento Remoto, Figura 5.



**Figura 5.** Mapeamento de termos associados a mudanças climáticas e sensoriamento remoto. **Fonte:** autores (2023).

Na turma matutina observou-se maior regularidade das escolhas dos termos entre os estudantes com destaque para “Aquecimento Global”, “Temperatura”, “Calor”, “Satélites”, “Tecnologia” e “Coleta de Dados”. Enquanto a turma noturna houve maior dispersão entre as respostas, tendo mais termos com menos destaques no conjunto amostral como “Calor”, “Adaptação”, “Desmatamento”, “degelo”, “Aquecimento”, “Inovação”, “Monitoramento”, “Tecnologia” e “Observação”.

A aplicação da etapa diagnóstica, Figura 6, possibilitou conhecer as características distintas de conhecimento das turmas dos períodos matutino e noturno do curso de Geografia, apesar das diferenças foi detectado muitos pontos em comum devido as aulas já ministradas da disciplina e ao período avançado do curso (sétimo) em que se encontram a maioria dos estudantes.



**Figura 6.** Diagnóstico de situação. a) Reprodução de documentário; b) Nuvens de palavras interativas. **Fonte:** autores (2023).

### **Mudanças Climáticas e Sensoriamento Remoto**

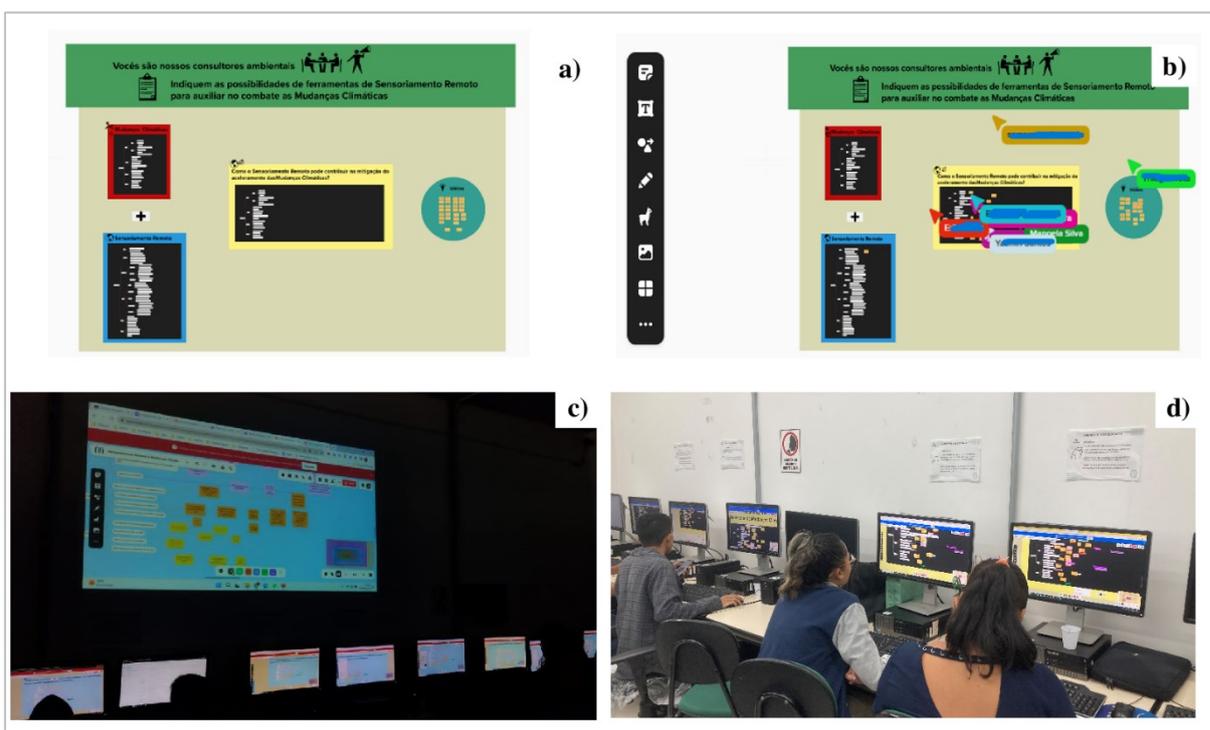
Na segunda etapa da dinâmica foi apresentado um panorama de contextualização sobre as questões relacionadas às mudanças climáticas com vídeos educativos da Organização das Nações Unidas e notícias da atualidade demonstrando os impactos oriundos das alterações climáticas, que já afetam a qualidade de vida e em alguns casos até provocam a morte, como os recordes de temperatura no mês de agosto de 2023 provocando o deslocamento de grandes concentrações de pessoas na Europa e o estado de calamidade decretado no Hawaii, além dos inúmeros episódios de inundações e secas no Brasil.

Depois da contextualização das Mudanças Climáticas, os estudantes foram direcionados a uma lousa digital compartilhada para possibilitar a integração entre as duas temáticas. Na lousa eles puderam visualizar os dois esquemas lógicos adaptados da geração de Inteligência Artificial sobre Mudanças Climáticas e Sensoriamento Remoto com resumos detalhados dos temas de forma separada.

Em seguida foi solicitado aos estudantes que em conjunto fossem unificando os dois esquemas, integrando as possibilidades de uso das ferramentas e dos produtos de

sensoriamento remoto em todas as fases do fenômeno de Mudanças Climáticas: Causas, Efeitos, Adaptação e Mitigação (Figura 7).

Os estudantes demonstram concentração na maior parte do tempo da aplicação da lousa digital, com solicitação de dúvidas aos aplicadores da dinâmica e iniciativa em inserir tópicos não apresentados inicialmente nos esquemas lógicos. Na turma do noturno houve até inserção de imagens para facilitar e incrementar o esquema elaborado por eles, o que deixou evidente o interesse das turmas por aprender os conceitos e o desmembramento dos temas de forma mais aprofundado.



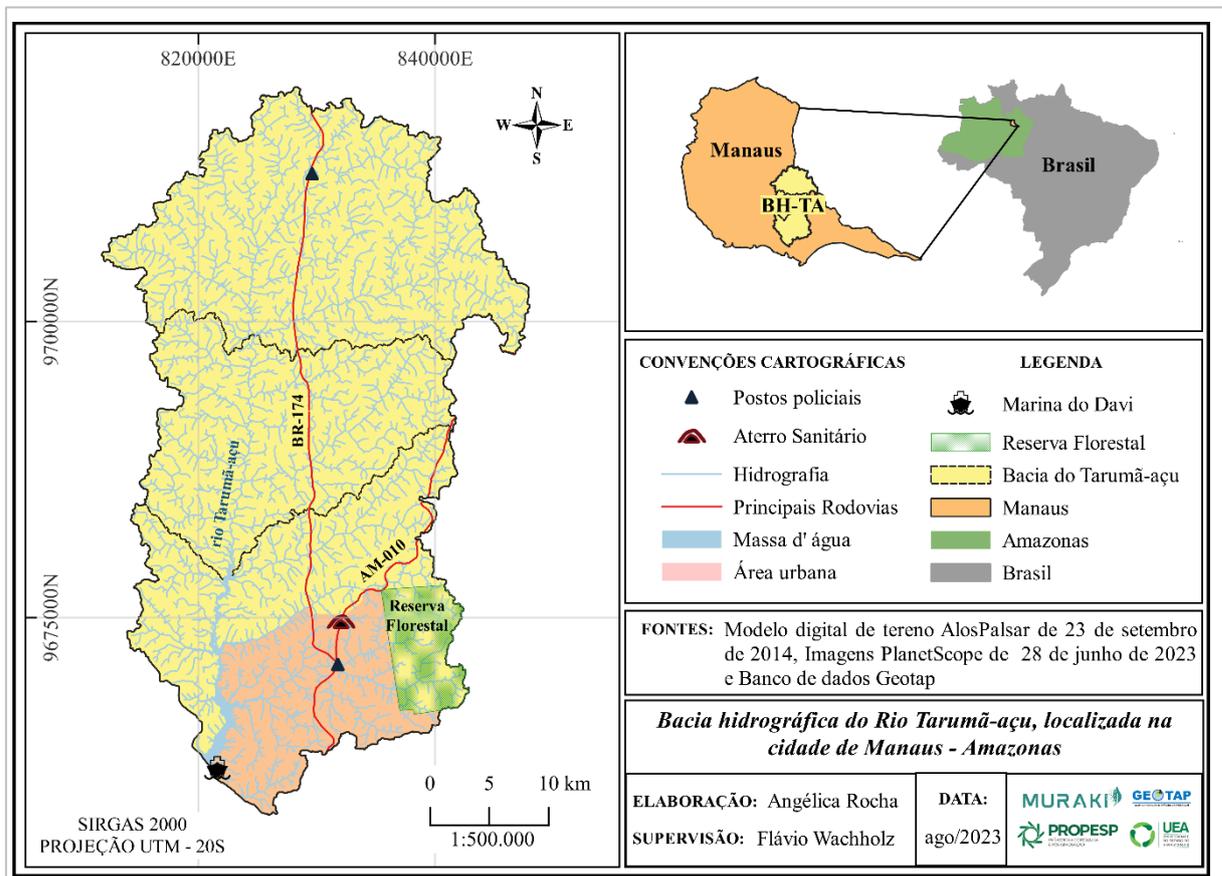
**Figura 7.** Aplicação da lousa digital compartilhada. a) Lousa digital com esquemas lógicos; b), c) e d) Estudantes utilizando a lousa digital. **Fonte:** autores (2023).

### Aplicação de Geotecnologias

O Google Earth Engine (GEE) foi apresentado aos estudantes como uma alternativa de plataforma para processamento de imagens em nuvens de alto desempenho com diferentes catálogos de produtos de satélites disponíveis e de grande poder analítico temporal e espacial (VALESTEGUI-MOTOYA, 2023). Uma atividade de extração remota de variáveis ambientais em uma bacia hidrográfica local foi aplicada a fim de promover o uso da ferramenta em um contexto mais próximo de suas realidades.

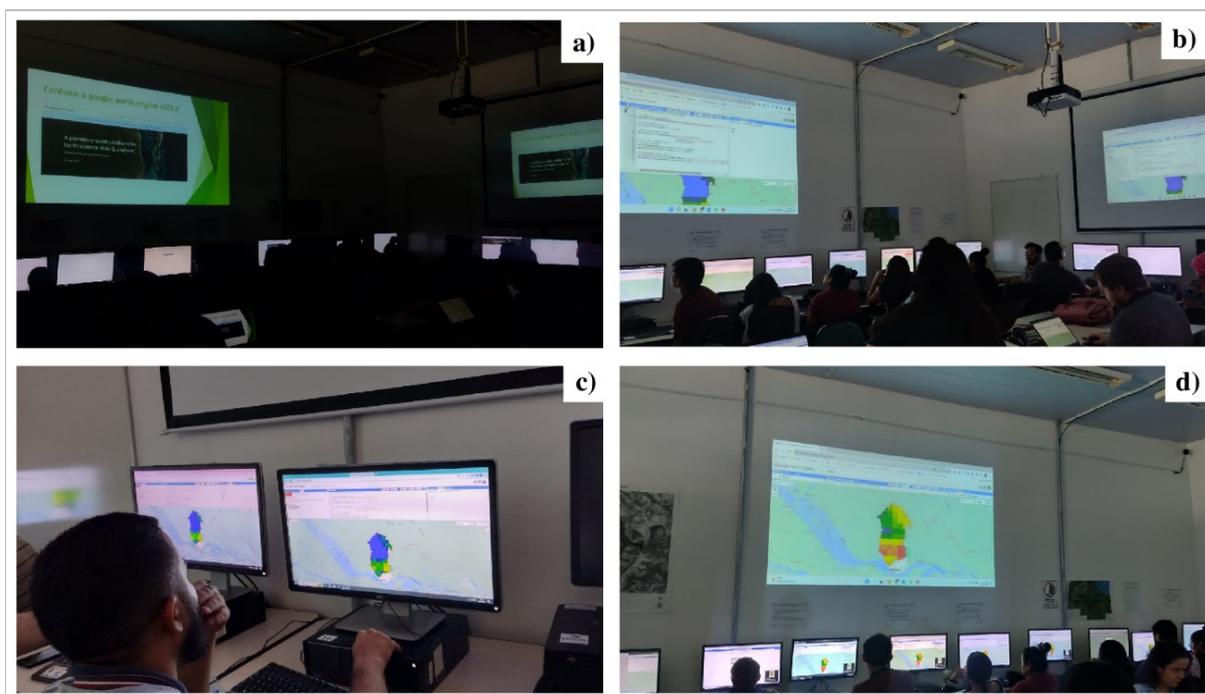
A área de estudo proposta foi a bacia do Rio Tarumã-açu, a maior bacia hidrográfica de Manaus, capital do estado do Amazonas (Figura 8). Localizada na zona Oeste da cidade, o seu território encontra-se inteiramente dentro dos limites do município com

área estimada total de 1370,49 km<sup>2</sup> e se caracteriza por ser uma bacia periurbana devido a possuir parte da sua extensão em ambiente urbano e outra parte no rural.



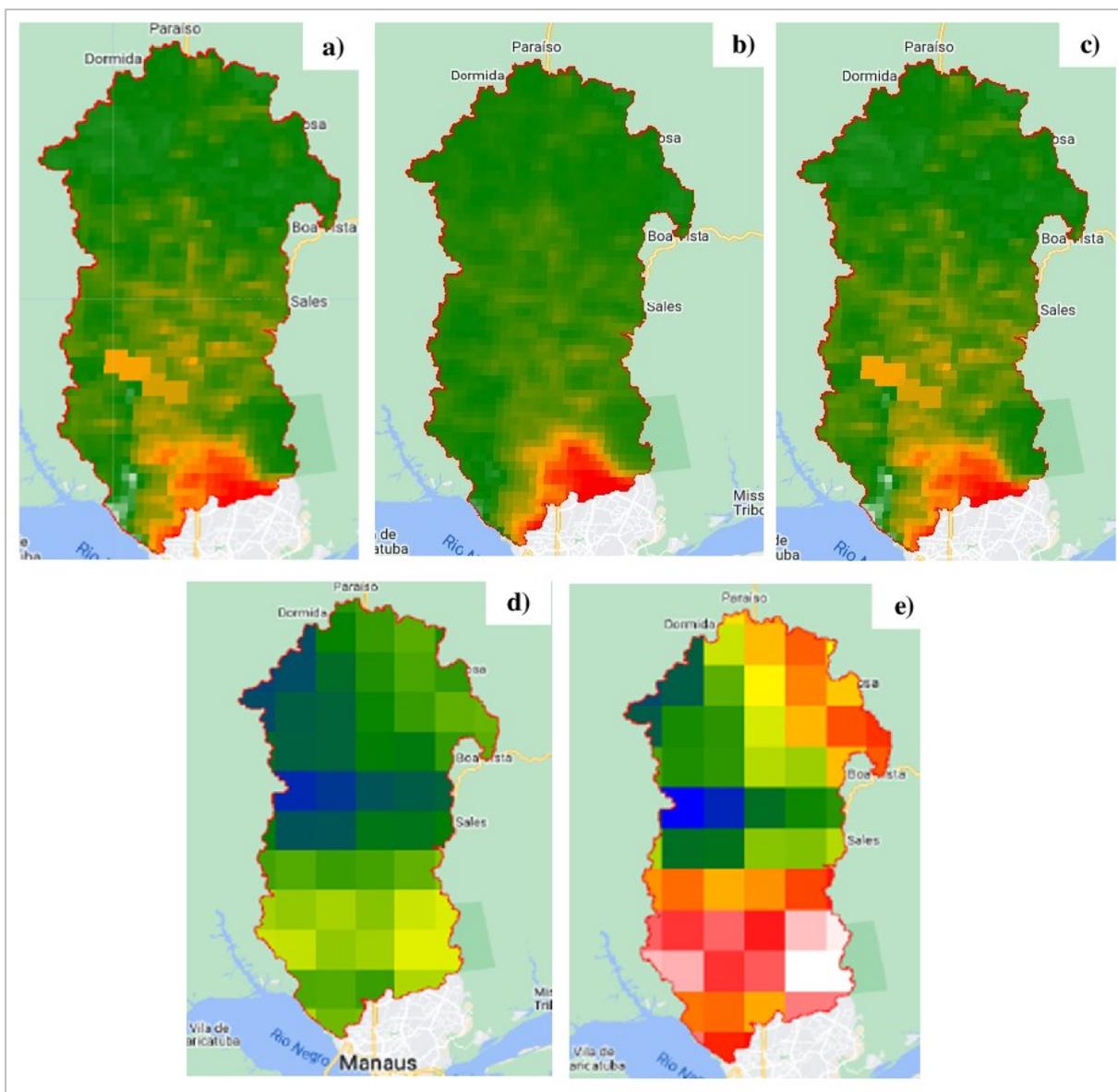
**Figura 8.** Área de estudo proposta: bacia hidrográfica do Rio Tarumã-açu. **Fonte:** autores (2023).

As variáveis ambientais para extração remota foram a precipitação na turma matutina e a temperatura na turma noturna. Os estudantes acessaram o código com endereço das coletâneas CHIRPS (precipitação) e do sensor Modis do Landsat (temperatura), e inseriram a bacia hidrográfica do Rio Tarumã-açu em formato de vetor para delimitação da área de estudo. Após explicação dos principais pontos de manipulação do algoritmo para que o objetivo da atividade fosse alcançado, os estudantes puderam explorar os produtos das coletâneas em diferentes faixas temporais e observar a espacialização dos dados e informações obtidas, Figura 9.



**Figura 9.** Google Earth Engine. a) e b) Apresentação; c) e d) Extração de variáveis ambientais. **Fonte:** autores (2023).

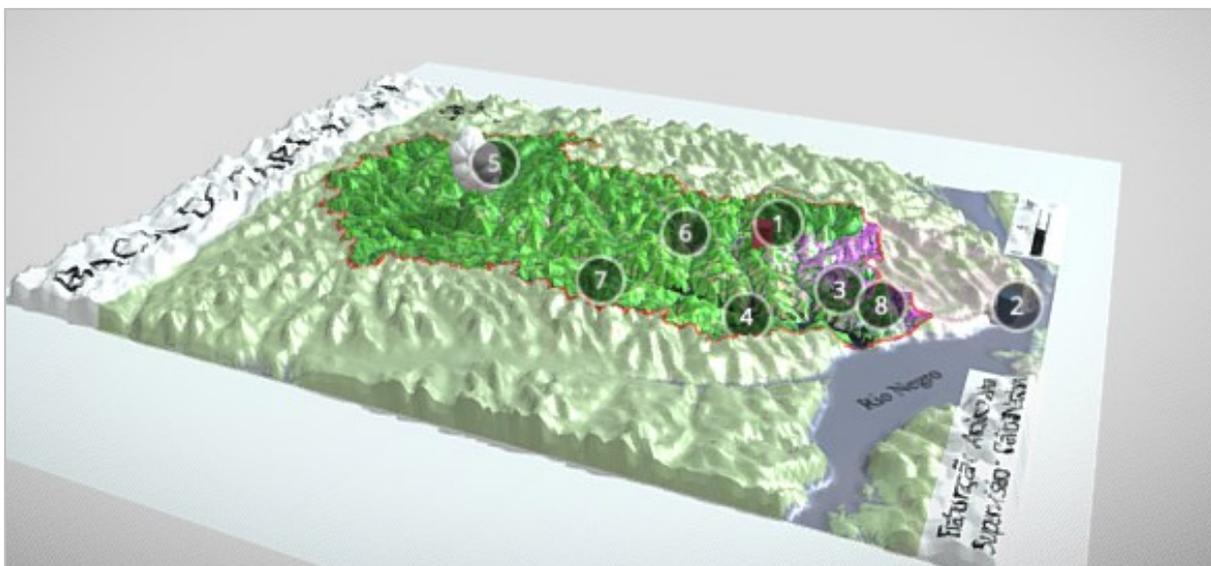
Na Figura 10 são apresentados uma representação de alguns resultados produzidos pelos estudantes das extrações de dados de precipitação e temperatura utilizando a plataforma do GEE. Em sala foram discutidos o comportamento espacial da temperatura e a precipitação na bacia hidrográfica do Rio Tarumã-açu, onde foi observado pelos estudantes a predominância de maiores temperaturas próxima a região urbanizada da cidade de Manaus e que isso pode ser relacionado a impactos do processo de ocupação do solo desordenado. Além de verificarem a importância da implantação de estações de monitoramento de variáveis ambientais em toda a bacia devido a variação espacial, o que hoje não é uma realidade na área de estudo, que não possui nenhuma estação dentro dos seus limites.



**Figura 10.** Produtos extraídos na atividade desenvolvida pelos estudantes.

I – Turma matutina: a) temperatura mínima, b) temperatura média, c) temperatura máxima, (regiões avermelhadas = maiores valores de temperatura) II – Turma noturna: d) precipitação média e e) precipitação acumulada (regiões azuladas = maiores valores de precipitação). **Fonte:** autores (2023).

A última etapa da dinâmica foi apresentar formas pouco usual de visualização de dados geográficos, como a maquete virtual da bacia do Rio Tarumã-açu (Figura 11) com indicações de possíveis impactos relacionados às Mudanças Climáticas ou que possam agravar a qualidade de vida da população local, além de pontos com alto risco de degradação ambiental: 1) Aterro sanitário, 2) Área portuária, 3) Área urbanizada, 4) Relevo, 5) Ciclo hidrológico, 6) Desmatamento e 7) Mineração.



**Figura 11.** Maquete virtual da bacia hidrográfica do Rio Tarumã-açu. **Fonte:** autores (2023).

Os estudantes ficaram livres para manipular a maquete nos computadores do laboratório ou em seus celulares observando as características físicas do relevo da bacia, sua delimitação e refletirem sobre como o sensoriamento remoto poderá contribuir para a prevenção, mitigação e adaptação dos riscos ambientais presentes e futuros na localidade. A maioria dos estudantes se mostrou animada com a possibilidade de visualização em 360° proporcionada pela maquete virtual e a integração da modelagem de relevo com imagens de satélites.

Após a exploração da maquete virtual foi apresentada a possibilidade de utilização da tecnologia de realidade aumentada na maquete, por meio do sistema IOS da empresa Apple foi habilitado em alguns celulares e em um tablet o mapa da bacia em perspectiva realística, Figura 12, onde os estudantes puderam interagir com o mapa e realizar registros fotográficos. O mapa com realidade aumentada foi a ferramenta que despertou maior entusiasmo nos estudantes e interesse em se aprofundarem em aprender como desenvolver esse tipo de mapa interativo.

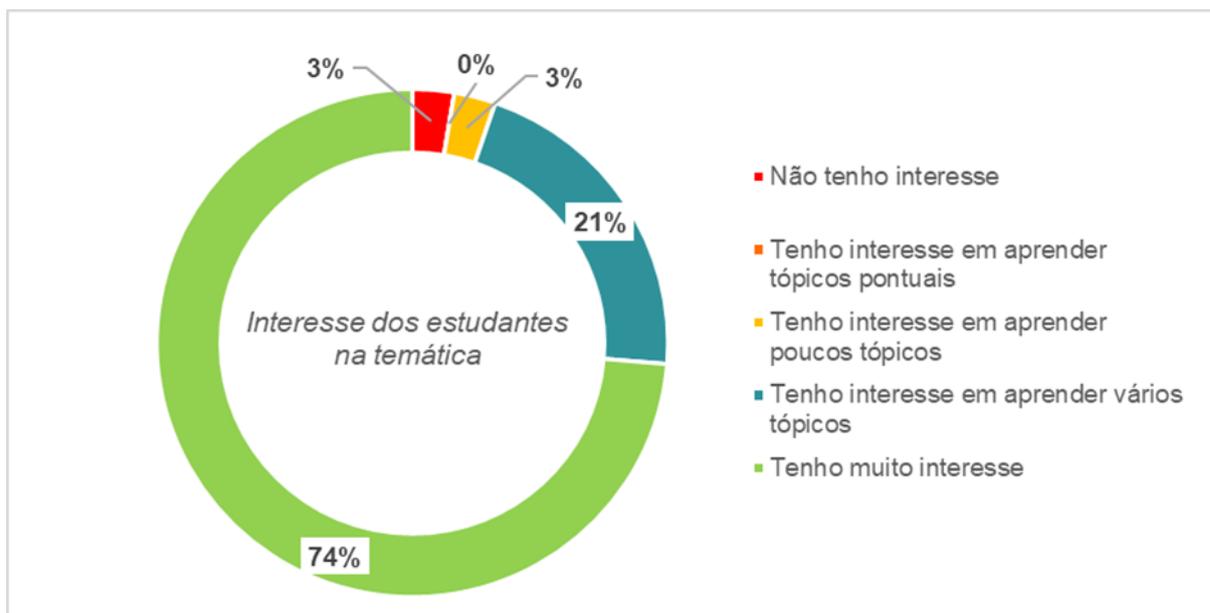


**Figura 12.** Interação dos estudantes com ferramentas de visualização de dados espaciais pouco usuais da bacia hidrográfica do Rio Tarumã-açu. a) Maquete virtual; b) e c) realidade aumentada. **Fonte:** autores (2023).

### Autoavaliação

Ao final da dinâmica foi disponibilizada uma autoavaliação aos estudantes com o intuito em descobrir o interesse no aprofundamento dos estudos sobre Mudanças Climáticas e Sensoriamento Remoto, além de tentar entender a percepção que eles têm dos próprios conhecimentos sobre os assuntos abordados na aula interativa. Na Figura 13 é apresentado o resultado geral da dinâmica interativa, com 74% dos estudantes se sentindo muito interessado nas temáticas.

Observou-se que a respostas nas duas turmas foram predominantemente positiva a percepção do conhecimento adquirido, sem negar as próprias limitações e se sentirem confiantes em relação ao interesse em se aprofundar no conhecimento e a buscar a continuação dos estudos sobre Mudanças Climáticas e Sensoriamento Remoto em seus desenvolvimentos acadêmicos e profissionais.



**Figura 13.** Interesse dos estudantes em se aprofundar na temática (n = 42). **Fonte:** autores (2023).

No contexto de ensino sobre Mudanças Climáticas foi identificado em estudo bibliográfico de Zezzo e Coltri (2022) uma escassez de trabalhos primários referentes a aplicações de programas que possam atuar de forma educativa. Além de ter sido constatado por Oliveira e Souza (2020) a abordagem pedagógica de adaptação de professores e estudantes na aplicação de tecnologias digitais no cotidiano das atividades escolares uma área promissora de estudos e desenvolvimento do ensino.

O uso de sensoriamento remoto com a utilização de ferramentas digitais como plataformas em nuvens do Google Earth Engine, maquete virtual e realidade aumentada demonstrados neste trabalho e em estudos dos diferentes níveis de escolaridade (MECATE, GERHARDT e ABREU, 2011; CAÑA, ROSA e COSTELLA, 2015; PEREIRA e CENTENO, 2017; FERREIRA, 2018; SANTOS et al, 2018; CALLEJAS et al., 2023; SOUZA et al., 2023;) possuem a capacidade transformadora e podem estimular o interesse dos estudantes e a capacitação de professores.

A sequência didática e a aplicação de ferramentas tecnológicas apresentadas neste trabalho demonstraram serem promissoras no ensino de sensoriamento remoto na temática de mudanças climáticas. A dinâmica pode ser facilmente replicada por ter caráter multidisciplinar em outras áreas do conhecimento, com os devidos ajustes pedagógicos como maior tempo para aplicação, aprofundamento do ensino de programação para melhor manipulação da plataforma em nuvens e adaptação em formato para pessoas com necessidades específicas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica do ponto de vista dos aplicadores aconteceu na maior parte do tempo como previsto no plano de ensino, no entanto, devido ao tempo limitado algumas etapas precisaram ser aplicadas em velocidade mais acelerada do que julgamos ideal. A resposta das turmas foi muito receptiva a inserção da temática de Mudanças Climáticas, especialmente quando inseridas junto com assuntos de sua familiaridade e que compõe a grade curricular como o sensoriamento remoto.

Novas tecnologias surgem a todo tempo, devem ser incrementadas nas metodologias de ensino e levadas para dentro de salas de aulas, isso além de aproximar os educadores do público mais jovem, estimula a reciclagem profissional por meio da continuidade de estudos fora de sala e a disseminação do conhecimento em uma faixa mais ampla de público, como projetos de extensão e a adaptação da dinâmica para o ensino básico e pessoas com necessidades específicas.

## AGRADECIMENTOS

O trabalho foi desenvolvido com suporte do grupo de pesquisa em Geotecnologias e Análise da Paisagem (GEOTAP), da Fundação de Apoio Institucional Muraki, do Laboratório de Cartografia e Geotecnologias da Escola Normal Superior (ENS) e a Pró-Reitoria de Pesquisa Pós-graduação da Universidade do Estado do Amazonas (PROPESP- UEA).

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

**Concepção:** Angélica Rodrigues Rocha. **Metodologia:** Angélica Rodrigues Rocha. **Análise formal:** Flávio Wachholz. **Pesquisa:** Angélica Rodrigues Rocha e Samara Aquino Maia. **Aplicação:** Angélica Rodrigues Rocha, Flávio Wachholz e Samara Aquino Maia. **Recursos:** Flávio Wachholz. **Preparação de dados:** Angélica Rodrigues Rocha. **Escrita do artigo:** Angélica Rodrigues Rocha. **Revisão:** Flávio Wachholz e Samara Aquino Maia. **Supervisão:** Flávio Wachholz. **Aquisição de financiamento:** Angélica Rodrigues Rocha e Flávio Wachholz. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

ABBASS, K.; QASIM, M. Z.; SONG, H.; MURSHED, M.; MAHMOOD, H.; YOUNIS, I. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, nº 28, p. 42539-42559, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-19718-6>

BUCE, C. A. Educação sobre mudanças climáticas para o desenvolvimento sustentável no ensino de geografia no 2º ciclo do ensino secundário geral: Caso da Autarquia da Vila de Boane. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 17, nº 4, p. 57-77, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2022.v17.13878>

CAÑA, B. B.; ROSA, K. K.; COSTELLA, R. Z. Análise da transformação da Floresta Amazônica a partir do uso de geotecnologias: Google Earth Engine nas aulas de geografia do Ensino Fundamental. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre. V. 42, nº 2 (maio 2015), p. 554-568, 2015.

CALLEJAS, I. A.; HUANG, L.; CIRA, M.; CROZE, B.; LEE, C. M.; CASON, T.; JAY, J. A. Use of Google Earth Engine for Teaching Coding and Monitoring of Environmental Change: A Case Study among STEM and Non-STEM Students. **Sustainability**, v. 15, nº 11995, p. 1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151511995>

EXPLICANDO O CLIMA. Direção: **Organização das Nações Unidas no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/146225-s%C3%A9rie-de-v%C3%ADdeos-explica-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas-com-cientistas-brasileiros>

FOSS, A. W.; KO, Y. Barriers and opportunities for climate change education: The case of Dallas-Fort Worth in Texas. **The Journal of Environmental Education**, v. 50, nº 3, p. 145-159, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/00958964.2019.1604479>

HUSSAIN, S. Lu, L.; MUBEEN, M.; NASIM, W.; KARUPPANNAN, S.; FAHAD, S.; ASLAM, M. Spatiotemporal variation in land use land cover in the response to local climate change using multispectral remote sensing data. **Land**, v. 11, nº 5, p. 595, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11050595>

IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. **IPCC**, Geneva, Switzerland, (in press). 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>

LONDERO, L.; BRANDLI, A. L.; SALVIA, J. M.; REGINATTO, G. **Higher Education Institutions Facing Climate Change: The Brazilian Scenario**. Londres, Institute of Education, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Amanda-Salvia/publication/355485218\\_Higher\\_Education\\_institutions\\_facing\\_climate\\_change\\_the\\_Brazilian\\_scenario/links/6174e8d13c987366c3d9cd86/Higher-Education-institutions-facing-climate-change-the-Brazilian-scenario.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Amanda-Salvia/publication/355485218_Higher_Education_institutions_facing_climate_change_the_Brazilian_scenario/links/6174e8d13c987366c3d9cd86/Higher-Education-institutions-facing-climate-change-the-Brazilian-scenario.pdf)

MIGRANTS. Direção: Hugo Caby, Antoine Dupriez, Aubin Kubiak e Lucas Lermytte. Pôle 3D. França, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ugPJi8kMK8Q&t=51s>

NOVO, Evelyn M. L. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo. Editora Blucher, 2010.

OLIVEIRA, K. K. S.; SOUZA, R. A. C. Mudanças climáticas na educação: um levantamento das práticas, ferramentas e tecnologias digitais. **Educação Ambiental**

**e Cidadania: Pesquisa e Práticas Contemporâneas**, v.1, p. 296 – 314, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5753/wcama.2020.11029>

PEREIRA, G. H. A.; CENTENO, J. A. S. O uso de realidade aumentada para mapas oficiais para fins de planejamento e gestão. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº 69/8, p. 1493 -1502, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv69n8-43976>

REN, Y.; LIU, J.; LIU, S.; WANG, Z.; Liu, T.; SHALAMZARI, M. J. Effects of climate change on vegetation growth in the Yellow River Basin from 2000 to 2019. **Remote Sensing**, v. 14, nº 3, p. 687, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14030687>

SANTOS, R. S.; ALENCAR, C. M. S.; MACEDO, C. D. S. Realidade aumentada no processo de ensino-aprendizagem da topografia em projeto de engenharia civil. In: **III Congresso sobre Tecnologias na Educação**. 2018, Fortaleza – Ceará, 2018, p. 582-589.

SANTOS, A. M. F. (WEB) CARTOGRAFIA E REALIDADE AUMENTADA: NOVOS CAMINHOS PARA O USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE GEOGRAFIA. **GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 9, nº 17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v9i17.647>

SOUSA, J. H. S.; NASCIMENTO R. G.; FRANCISCO, P. R. M.; NASCIMENTO, A. A.; ALVES, J. I. P.; CAVALCANTI, M. Classificação e mapeamento do uso e cobertura das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá-PB utilizando o Google Earth Engine. **Revista Geama**, v. 9, nº 2, p. 44-52, 2023. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/5777>

TIAN, L.; TAO, Y.; FU, W.; Li, T.; REN, F.; LI, M. Dynamic simulation of land use/cover change and assessment of forest ecosystem carbon storage under climate change scenarios in Guangdong Province, China. **Remote Sensing**, v. 14, nº 10, p. 2330, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14102330>

UNESCO. **Roadmap for Implementing the Global Action Programme on Education for Sustainable Development**. Paris: UNESCO, 2014.

UNESCO. **Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: UNESCO, 2017.

VELASTEGUI-MONTOYA, A.; MONTALVÁN-BURBANO, N.; CARRIÓN-MERO, P.; RIVERA-TORRES, H.; SADECK, L.; ADAMI, M. Google Earth Engine: A Global Analysis and Future Trends. **Remote Sensing**, v.15, nº3675. Doi: <https://doi.org/10.3390/rs15143675>

ZEZZO, L. V.; COLTRI, P. P. Educação em mudanças climáticas no contexto brasileiro: uma revisão integrada. **Terrae Didatica**, v. 18, p. e022039-e022039, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v18i00.8671305>



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0