

Artigo de Pesquisa**O USO DE MULTIPLATAFORMAS DE ANÁLISE GEOESPACIAL
COMO ABORDAGEM ALTERNATIVA PARA O PROCESSO DE
ENSINO-APRENDIZAGEM EM SENSORIAMENTO REMOTO****The use of multi-geospatial analysis platforms as an alternative approach for
the teaching-learning process in remote sensing**

Thais Pereira de Medeiros ¹, Poliana Domingos Ferro ², Ranieli dos Anjos de Souza ³, Liana Oighenstein Anderson ⁴

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, Brasil. E-mail: thais.pereira@inpe.br

 <https://orcid.org/0000-0003-0342-4039>

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, Brasil. E-mail: poliana.ferro@inpe.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7702-077X>

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Grupo de Pesquisas Espaciais, Colorado do Oeste, Brasil. E-mail: ranieli.muler@ifro.edu

 <https://orcid.org/0000-0003-1408-4826>

⁴ Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, São José dos Campos, Brasil. E-mail: liana.anderson@cemaden.br

 <https://orcid.org/0000-0001-9545-5136>

Recebido em 22/12/2023 e aceito em 26/02/2024

RESUMO: O uso de metodologias de aprendizagem baseadas em Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação passaram a integrar os sistemas de ensino nas últimas duas décadas, demonstrando ser uma ferramenta poderosa no processo de ensino e aprendizagem em diversas áreas do conhecimento, incluindo o ensino do sensoriamento remoto desde o básico à pós-graduação. Nesse sentido, o presente artigo teve como objetivo apresentar a experiência didática desenvolvida no âmbito da disciplina “Interpretação de Imagens Orbitais”, do curso de pós-graduação *lato sensu* em Geoprocessamento do Instituto Federal de Rondônia. Adotamos uma abordagem de teoria e prática associada à utilização de diferentes tecnologias para análise geoespacial, com ênfase no potencial das linguagens de programação como recurso didático-pedagógico. A disciplina foi planejada a partir da intercalação entre teoria e prática. As atividades práticas aplicadas envolveram a coleta de dados de satélites, entendimento de metadados, transformações multiespectrais, composição de bandas e criação de índices espectrais a partir de 3 abordagens: *LandViewer* e QGIS (método tradicional); Google Earth Engine (linguagem *JavaScript*) e Google COLAB (linguagem *Python*). Ao final, aplicou-se um questionário semiestruturado para avaliar a eficácia do processo de aprendizagem a partir da visão dos discentes. Foi possível perceber que apesar da dificuldade e falta de experiência dos estudantes com linguagens de programação, eles se mostraram entusiasmados em lidar com essas novas ferramentas, podendo ajudar no desenvolvimento de habilidades que hoje são tão desejadas pelo mercado de trabalho.

Palavras-chave: Linguagens de Programação; Pós-Graduação; Prática Docente; Tecnologia da Informação; Interpretação de Imagens Orbitais.

ABSTRACT: The use of learning methodologies based on Digital Information and Communication Technologies started to integrate the teaching systems in the last two decades, proving to be a powerful tool in the teaching and learning process in several areas of knowledge, including the teaching of remote sensing from basic education to graduate school. In this sense, this article aimed to present the didactic experience developed within the discipline "Interpretation of Orbital Images", of the *lato sensu* postgraduate course in Geoprocessing at the Federal Institute of Rondônia. We adopted a theory-and-practice approach associated with the use of different technologies for geospatial analysis, with emphasis on the potential of programming languages as a didactic pedagogical resource. The discipline was planned from the intercalation between theory and practice. The applied practical activities focused on the collection of satellite data, understanding of metadata, multispectral transformations, bands composition, and creation of spectral indices from 3 approaches: LandViewer and QGIS (traditional method); Google Earth Engine (JavaScript language) and Google COLAB (Python language). In the end, a semi-structured questionnaire was applied to assess the effectiveness of the learning process from the student's point of view. It was possible to see that despite the students' difficulty and inexperience with programming languages, they were enthusiastic about dealing with these new tools, which could help in the development of skills that are so desired by the job market today.

Keywords: Language Programming; Postgraduate; Teaching Practices; Information Technology; Interpretation of Orbital Images.

INTRODUÇÃO

Uma série de fatores vêm contribuindo para a adoção de novos métodos de ensino e aprendizagem nos sistemas educacionais (VYAS *et al.*, 2014). O rápido e constante avanço das tecnologias é um dos principais fatores associados, que desencadearam profundas modificações nos recursos didático-pedagógicos disponíveis. Essas modificações caracterizam-se pela inclusão de novas ferramentas das Tecnologias Digitais da Informação e Computação (TDICs) em disciplinas nos diferentes níveis de ensino (SCHUARTZ *et al.*, 2020; MACHADO *et al.*, 2019).

As TDICs oferecem um imenso potencial nos processos de ensino e aprendizagem, à medida que ampliam os recursos de acesso à informação, permitindo a coleta, análise e compartilhamento de dados de maneira mais rápida e integrada (MACHADO *et al.*, 2019). Além disso, a utilização de recursos tecnológicos permite ao docente ministrar uma aula de forma mais dinâmica, interativa e colaborativa do que no passado, o que desperta um maior interesse dos alunos em compreender os temas tratados em sala de aula (SCHUARTZ *et al.*, 2020). Assim, os recursos tecnológicos atuam como facilitadores no processo educacional, ao mesmo tempo que demonstram uma mudança nos padrões de aprendizagem.

No ensino das geociências, em especial do Sensoriamento Remoto (SR), o uso das TDICs tem se tornado indispensáveis com o passar dos anos, dada a natureza particularmente tecnológica dessa área do conhecimento (MUI *et al.*, 2015). Por outro lado, o ensino de SR sem essas ferramentas se torna fundamentalmente limitado, isso porque exige que os alunos compreendam conceitos, que são, muitas vezes, de difícil assimilação, e apliquem os conhecimentos em programas especializados (MAGGIONI *et al.*, 2020).

Além disso, a área de SR tem experimentado acelerado crescimento, exigindo adaptações contínuas das ferramentas de ensino nos programas educacionais (HEJMANOWSKA *et al.*, 2015; MESAS-CARRASCOSA *et al.*, 2019), especialmente nos cursos de graduação e pós-graduação. O surgimento de novos programas de observação da Terra, plataformas de aquisição de dados baseadas em nuvem (GORELICK *et al.*, 2017), serviços *web* executados em linguagem de programação (FERNÁNDEZ-SOLAS *et al.*, 2022), potencializaram a maneira de acessar e analisar as informações espaciais, ao mesmo tempo que propiciam oportunidades para promover experiências efetivas de aprendizagem envolvendo o SR.

Nesse sentido, o presente artigo teve como objetivo apresentar a experiência didática desenvolvida no âmbito da disciplina “Interpretação de Imagens Orbitais”, do curso de pós-graduação *lato sensu* em Geoprocessamento do Instituto Federal de Rondônia. Adotamos uma abordagem de teoria e prática associada à utilização diferentes plataformas de análise geoespaciais, com ênfase no potencial das linguagens de programação (Google Earth Engine - *JavaScript*, Google COLAB - *Python*), como recurso didático-pedagógico no processo de ensino-aprendizagem em SR.

As linguagens de programação como abordagem para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem em sensoriamento remoto

Além das ferramentas visuais que correspondem a um nível de ensino básico de SR focado para iniciantes, existem as ferramentas que utilizam de linguagens textuais de programação, como por exemplo, *Python* e *JavaScript*. Várias dessas ferramentas geoespaciais gratuitas e abertas surgiram no contexto das tecnologias *web* 2.0, e estão disponíveis em serviços em *nuvem* (CAMARA *et al.*, 2021). Esses serviços oferecem um ambiente mais interativo para consultar, baixar, manipular, analisar, visualizar e compartilhar dados espaciais, sem a necessidade de instalação de softwares em máquinas físicas (MUI *et al.*, 2014; CAMARA *et al.*, 2021). São exemplos dessas ferramentas o *Google Earth Engine* (GEE) e o *Google Collaboratory* (conhecido como COLAB), serviços em nuvem hospedados pela *Google*.

O GEE é uma plataforma baseada em nuvem, com sintaxe de programação em *JavaScript*, que facilita o acesso a recursos de computação de alto desempenho para processamento de dados geoespaciais (GORELICK *et al.*, 2017). A plataforma abriga um repositório de dados geoespaciais de vários petabytes (*collections*), publicamente disponíveis, que incluem imagens aéreas, variáveis ambientais, meteorológicas e climáticas, cobertura da terra, topográficas, entre outras. O serviço é acessado e controlado por meio de uma interface de programação de aplicativos (do inglês, *Application Programming Interface - API*) acessível pela Internet e é definido como um ambiente de desenvolvimento interativo (do inglês, *Integrated Development Environment - IDE*) baseado na *web*, o qual permite a rápida visualização dos resultados. Além disso, o GEE tem demonstrado ser uma ferramenta acessível para o ensino de SR em comparação com outras ferramentas geoespaciais (CALLEJAS *et al.*, 2023).

O COLAB, por sua vez, é um serviço de nuvem gratuito disponível na *web*, com um ambiente amigável de execução de código em linguagem *Python* (FERNÁNDEZ-SOLAS *et al.*, 2022). O COLAB utiliza como base a ferramenta *Jupyter Notebook*, permitindo realizar a compilação e a execução de pedaços de códigos, além de

possibilitar a adição de blocos de texto para facilitar a explicação. Esse serviço não requer configuração para uso e fornece acesso gratuito a recursos de computação, incluindo Unidades de Processamento Gráfica (GPUs) e Unidade de Processamento Tensor (TPUs). Embora o COLAB seja uma ferramenta relativamente pouco reconhecida, apresenta um elevado potencial para tarefas relacionadas com aprendizagem automática, análise de dados e no ensino de sensoriamento remoto (CAMARA *et al.*, 2021).

MATERIAIS E MÉTODOS

A disciplina de Interpretação de Imagens Orbitais, da pós-graduação *lato sensu* de Geoprocessamento, do Instituto Federal de Rondônia, campus Colorado do Oeste foi composta por uma carga horária de 30 horas e ministrada em modo condensado durante 3 dias, 04, 05 e 06 de agosto de 2023, conforme as etapas descritas na Figura 1.

A disciplina teve como principais objetivos: i. Fornecer aos discentes embasamentos para a interpretação de imagens de satélite; ii. Extrair informações que permitam solucionar problemas e iii. Capacitar os estudantes para reconhecerem padrões de reflectância nas imagens dos diferentes elementos do mundo real.

Na etapa de planejamento da disciplina, o primeiro passo foi a escolha dos conteúdos a serem abordados em sala de aula com base na ementa do Projeto Pedagógico do Curso e a carga horária disponível. Os conteúdos selecionados foram:

1. Contextualização histórica e era digital: objetivos do curso;
2. Sensoriamento como processo: revisão acerca dos princípios físicos;
3. Aquisição de dados de sensoriamento remoto: formação de imagens e dados;
4. Comportamento espectral de alvos: noções básicas;
5. Processamento de dados e aplicações: pré-processamento, realce, análise;
6. Medidas estatísticas de imagens orbitais: histograma, variância e correlação;
7. Formação de cores: natureza física da cor e realce;
8. Transformações multiespectrais: adição e subtração de imagens, composição;
9. Manipulação de imagens: classificações simples e índices espectrais.

As aulas foram planejadas e executadas com base na abordagem de ensino que associa a teoria expositiva com a prática pedagógica. As aulas práticas foram fundamentadas de forma a fornecer aos discentes o acesso e conhecimento de diferentes ferramentas de análise geoespaciais e métodos de aplicação com ênfase nas plataformas que usam sintaxe de programação. Ao todo foram planejadas três atividades práticas, aplicadas em sala de aula (laboratório de informática).

Conforme descrito no fluxograma metodológico (Figura 1), o dia 01 (04/agosto) foi destinado a apresentação inicial do curso (ementa/objetivos) e início da explicação dos 4 primeiros tópicos da teoria. Posteriormente, foi apresentado aos alunos o método avaliativo. Para realização da avaliação os alunos foram divididos em duplas. Como atividade final avaliativa, foi proposto que cada dupla escolhesse algum problema do planeta Terra que fosse possível de resolver (queimadas, desmatamento, entre outros). Ao final do primeiro dia, destinou-se um tempo para que as duplas pensassem no tema do trabalho. Solicitou-se que as duplas escrevessem

um pré-projeto, que pudesse, no futuro, facilitar o processo de construção do Trabalho de Conclusão de Curso.

O dia 02 (05/agosto) iniciou-se com uma atividade prática a partir do método tradicional. Foi apresentado aos alunos algumas plataformas de coleta de imagens de satélite, tais como *LandViewer* (<https://eos.com/landviewer/?lat=-10.02295&lng=-57.01904&z=6>), *USGS/NASA* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), catálogo de imagens INPE (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>). Em virtude do tempo limitado, usamos apenas o *LandViewer*, objetivando ensinar aos alunos como coletar imagens de satélite do modo tradicional. Durante a prática aprendemos a definir manualmente o satélite e sensor, *bounding box* (retângulo envolvente da área de interesse)/coordenadas geográficas, porcentagem de cobertura de nuvem e bandas espectrais. Posteriormente à coleta das imagens, foi solicitado que os estudantes abrissem o software QGIS. Nessa etapa foi apresentado as funções correspondentes para composição de bandas, geração do histograma de banda e entendimento dos metadados (resolução espacial, projeção, entre outros) (Figura 2).

Na sequência da aula, voltamos para explicação de tópicos da teoria (processamento de dados e aplicações: pré-processamento, realce, análise; medidas estatísticas de imagens orbitais: histograma, variância e correlação). A aula do dia 05/agosto finalizou-se com a prática no Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>). A primeira etapa foi destinada à explicação da interface do GEE (*code editor*) e o objetivo de cada comando existente na plataforma (*docs, scripts, assets, inspector, console, tasks*). Durante essa prática os discentes puderam aprender a sintaxe básica do *JavaScript*; acessar uma *collection* (catálogo de imagens de satélite, neste caso trabalhamos com o satélite SENTINEL-2A), filtrar data, cobertura de nuvens e área de estudo; fazer a composição de bandas e adicionar o Layer, ou seja, visualizar a imagem na interface do GEE (<https://code.earthengine.google.com/e2df64931db8ff6f55e4e0ac54293c14>) (Figura 3).

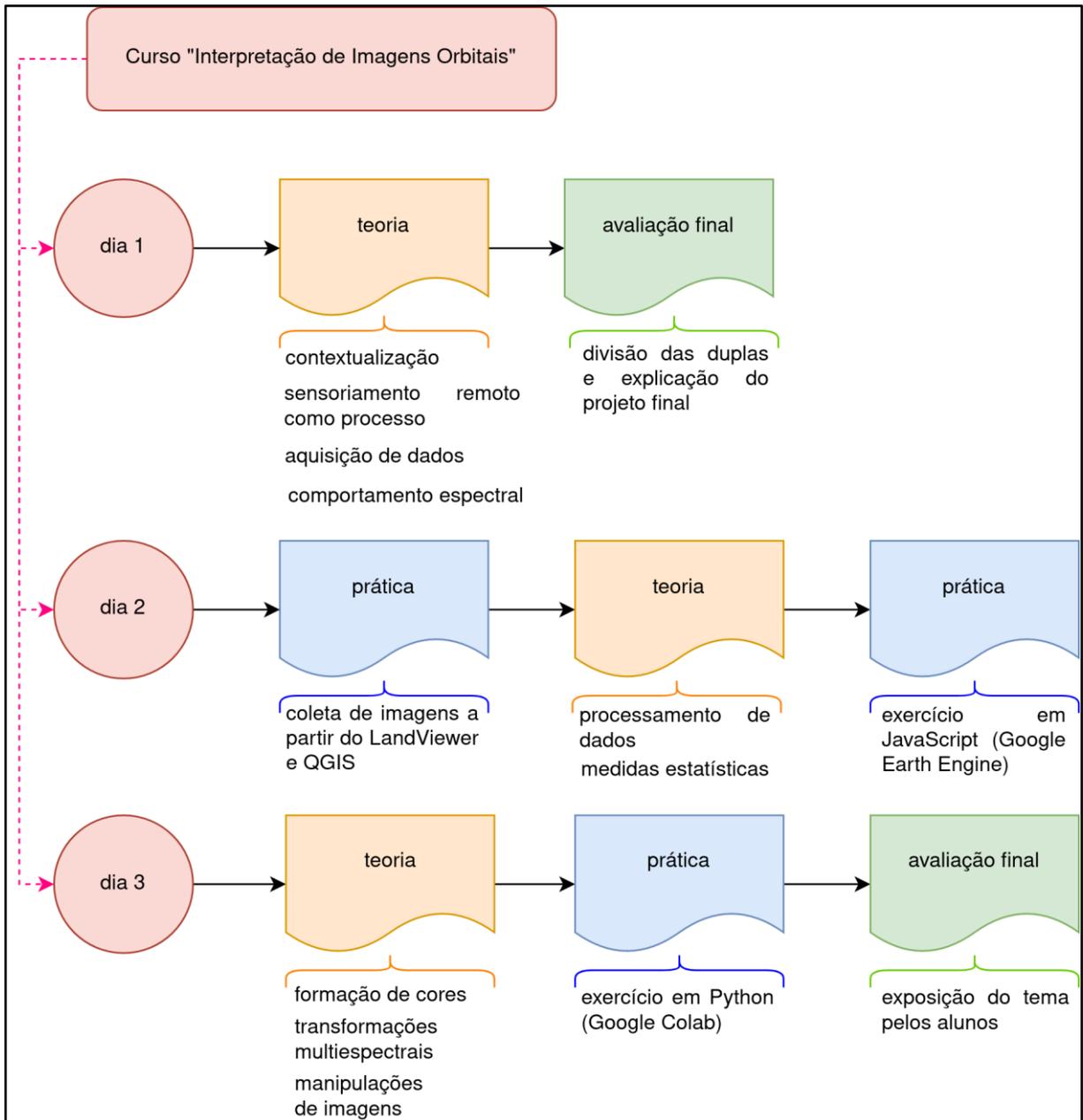


Figura 1. Fluxograma das etapas metodológicas aplicadas durante o curso de Interpretação de Imagens Orbitais. **Fonte:** os autores.

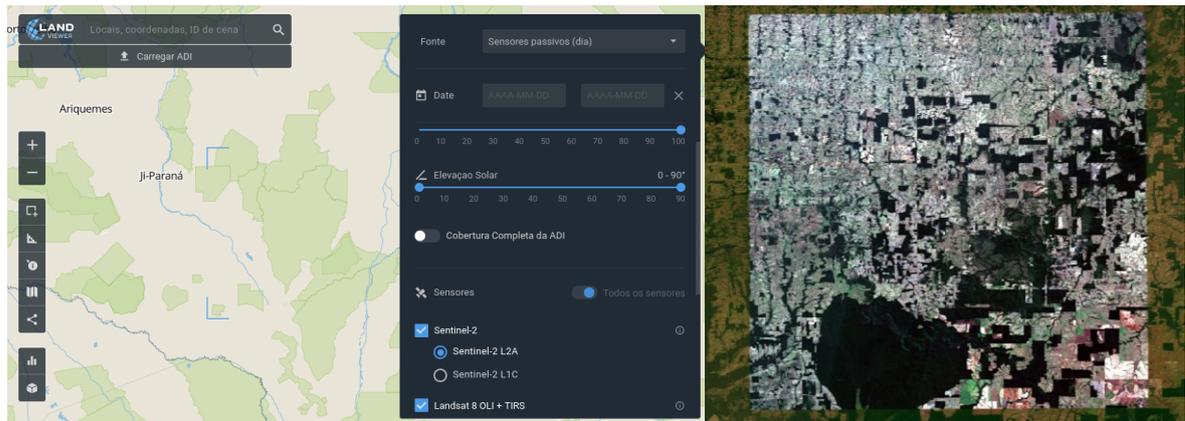


Figura 2. Visualização das imagens no ambiente QGIS. À direita interface do *LandViewer* (ferramenta na qual a imagem foi coletada) e à esquerda exemplo da composição colorida realizada no QGIS com o *basemap* ao fundo. **Fonte:** os autores.

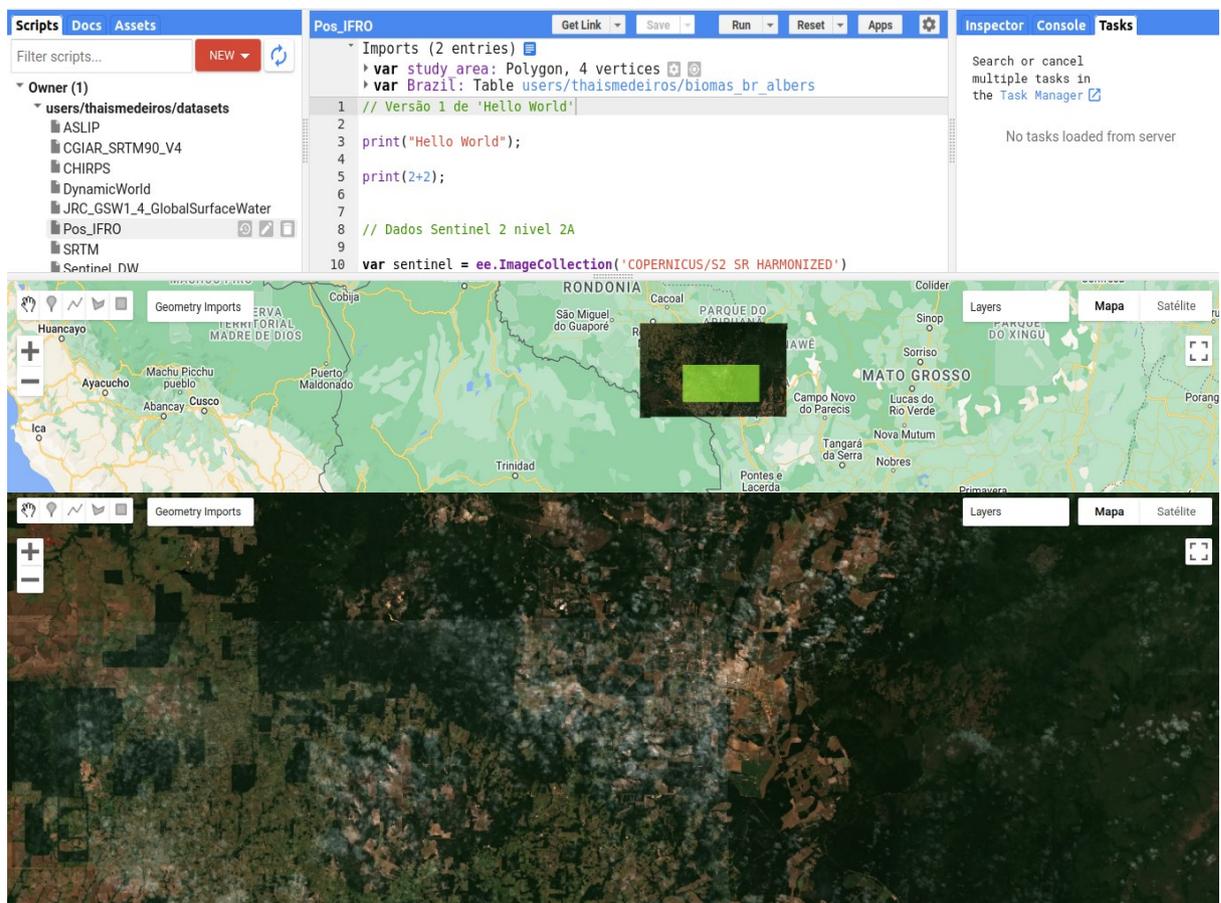


Figura 3. Visualização das imagens no ambiente Google Earth Engine. Acima interface da plataforma Google Earth Engine (linguagem *JavaScript*) e abaixo exemplo da composição colorida realizada no GEE. **Fonte:** os autores.

O terceiro e último dia de curso (06/agosto) iniciou-se novamente com a explicação de tópicos da teoria (formação de cores: natureza física da cor e realce; transformações multiespectrais: adição e subtração de imagens, composição; manipulação de imagens: classificações simples e índices espectrais).

Posteriormente, partimos para a realização da última prática, no Google COLAB, em linguagem *Python* (<https://drive.google.com/file/d/1touj7J2DpHMzfYjSFxGtKZufaA4jHLyF/view?usp=sharing>).

Durante a prática os alunos puderam entender a sintaxe básica do *Python*; importar bibliotecas (neste caso usamos bibliotecas que permitem a análise de imagens rasters - *GDAL* e *Numpy*; além da biblioteca para visualização - *Matplotlib*); ler os metadados das imagens de satélite (estrutura do dataset, transformação afim, dimensões da imagem); ler uma banda da imagem; transformar a banda em matriz numpy; visualizar uma banda; fazer a composição de bandas e plotar o histograma (Figura 4).

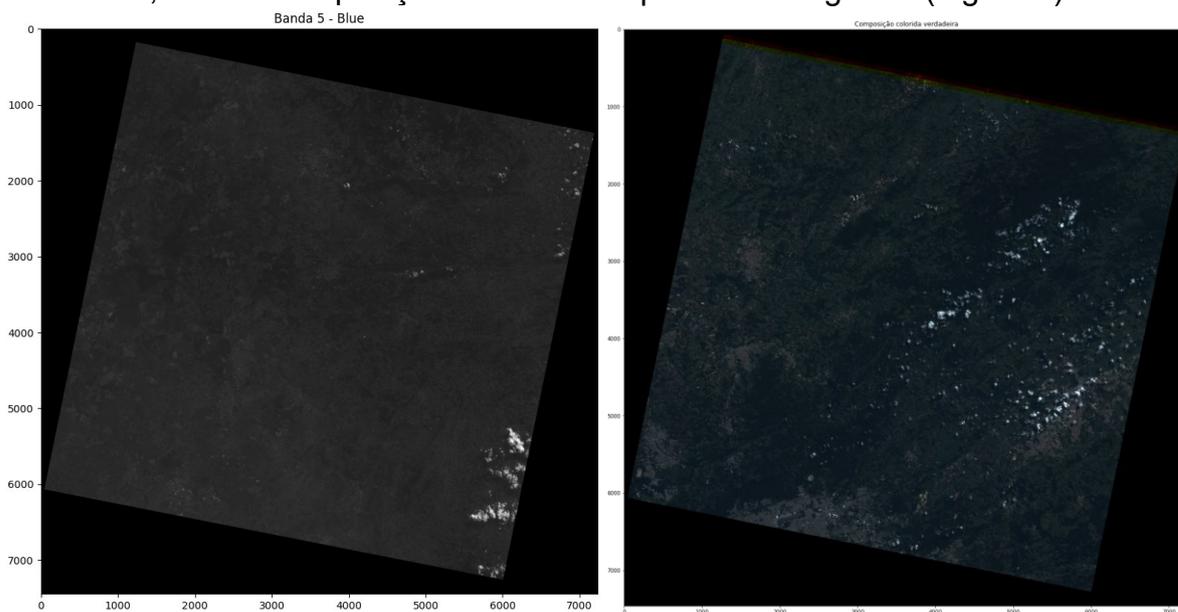


Figura 4. Visualização das imagens no ambiente Google Colab. À direita Banda 5 - Blue e à esquerda composição colorida RGB (red, green, blue), ambas advindas do satélite CBERS-4A. **Fonte:** os autores.

O encerramento do curso foi destinado para que os alunos explicassem para a docente o tema decidido pela dupla para realização do projeto final de avaliação. Além disso, ao final foi deixado o seguinte desafio para os alunos aplicarem em casa:

Faça o download de um recorte da imagem *Landsat-8*. A imagem possui 9 bandas, nesta ordem:

- 1 coastal
- 2 blue
- 3 green
- 4 red

```
5 nir
```

```
6 swirl1
```

```
7 swirl2
```

```
8 pan
```

```
9 cirrus
```

Parte 1. Abra o arquivo da imagem, utilizando a GDAL, e gere uma visualização de cada banda e de seus respectivos histogramas.

Parte 2. Mostre os valores mínimos e máximos de cada uma das 9 bandas da imagem.

Parte 3. Calcule 3 índices espectrais (NDVI, NDWI, NBR). O NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) gera um produto que ressalta áreas construídas. E o NBR (*Normalized Burn Ratio*) ressalta áreas queimadas. Observe as fórmulas:

$$\text{NDBI} = (\text{SWIR1} - \text{NIR}) / (\text{SWIR1} + \text{NIR})$$

$$\text{NBR} = (\text{NIR} - \text{SWIR1}) / (\text{NIR} + \text{SWIR1})$$

Parte 4. Crie um plot com 1 linha e 3 colunas, apresentando as imagens dos 3 índices calculados.

Legenda: Descrição da atividade para ser reproduzida em ambiente COLAB.

Após a finalização da disciplina, aplicamos um questionário semi-estruturado aos discentes a fim de inferir o nível de aprendizagem com base na metodologia de ensino utilizada ao longo do curso. O questionário foi formado por 14 questões objetivas e discursivas relacionadas aos conteúdos e às plataformas de dados geoespaciais utilizadas nas práticas. O questionário pode ser consultado no link (<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeiD294PgpC7naxd33xKEebrLwcWkDSAf488Hq3n3bYubTSZQ/viewform>).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os alunos participaram ativamente do processo de aprendizagem durante a realização das práticas, acompanhando os roteiros e visualizando resultados. Desde o início os alunos ficaram motivados e envolvidos no processo de aprendizagem, despertando a vontade de aprender sobre as novas ferramentas.

Sabe-se que o trabalho com o conhecimento envolve disponibilização, apropriação e construção baseada em conteúdo e metodologia. Em virtude das transformações atuais no mundo técnico científico informacional e, desenvolvimento cada vez mais rápido dos recursos tecnológicos, tais conteúdos e metodologias tendem a aproximar cada vez mais a teoria da prática. Embora não seja suficiente, o referencial teórico é de suma importância para a transformação da prática metodológica. Pensar a realização do trabalho em sala de aula, seleção e organização dos conteúdos, objetivos, atividades práticas e formas de avaliação é de extrema importância para garantir o pleno desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem.

Numa concepção tradicional de ensino, o trabalho do professor se concentra na mera exposição do conteúdo. No âmbito do SR, a mera exposição da teoria é insuficiente para garantir o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. É preciso inovar, buscar técnicas de ensino variadas, visto que há diferentes formas de organizar o processo de construção do conhecimento.

Avaliação da aprendizagem

A partir das informações extraídas do questionário, foi possível avaliar o processo de ensino e aprendizagem no âmbito do Sensoriamento Remoto, entender quais as dificuldades encontradas por eles e, compreender a percepção dos participantes em relação a utilização das novas ferramentas geoespaciais baseadas em linguagem de programação. A disciplina teve ao total 23 discentes matriculados, e 22 deles responderam ao questionário, correspondendo a um percentual de 96%.

Perfil dos alunos

Observou-se que a formação dos discentes é bem diversificada, contemplando diferentes áreas de formação (Figura 5). No entanto, a maioria são oriundos dos cursos das ciências agrárias, na qual 12 deles são formados em Engenharia Agrônoma (52,2%). Além disso, 4 estudantes são formados em Gestão Ambiental (17,4%), 3 em Engenharia Florestal (13,0%), 2 em Geografia (3,7%), 1 em Engenharia Civil (4,3%) e 1 em Biologia (4,3%).

A diversidade de formações implicou em diferentes níveis de conhecimento sobre o SR. Isto porque enquanto alguns dos cursos de graduação possuem em sua grade curricular apenas uma disciplina em que o tema de SR é um dos eixos de ensino, outros cursos de graduação como a Geografia, possuem disciplinas específicas de SR. No entanto, de forma geral, os discentes se formam com conhecimentos básicos na área de SR e procuram cursos de especialização para obterem conhecimentos mais aprofundados no tema.



Figura 5. Nuvem de palavras com o perfil de formação dos discentes da pós-graduação em Geoprocessamento do Instituto Federal de Rondônia (campus Colorado do Oeste). **Fonte:** os autores.

Conteúdos e dificuldades

Diante dos resultados apresentados, verificou-se que houve uma boa compreensão dos assuntos abordados durante o curso. Os conteúdos que mais chamaram a atenção dos discentes estão relacionados à manipulação de imagens (classificações simples e índices espectrais) e aquisição de dados de sensoriamento remoto (formação de imagens e dados), o que pode estar associado aos conteúdos trabalhados nas atividades práticas utilizando as novas plataformas geoespaciais, GEE e COLAB. Além disso, 7 discentes enfatizaram que o uso dessas plataformas de programação em nuvem foi o que mais gostaram durante o módulo desse curso.

Por outro lado, verificou-se que os alunos apresentaram dificuldades em alguns assuntos abordados sobre SR e programação. O conteúdo sobre medidas estatísticas de imagens orbitais (histograma, variância e correlação) foi o tema que os alunos sentiram maior dificuldade, o que tem relação direta com a falta de referencial teórico sobre estatística. Muitos dos discentes são oriundos de formações sem base de cálculos, o que pode ser de complexa compreensão quando em contato com outras disciplinas e níveis de ensino. Além disso, muitos relataram dificuldades no conteúdo de programação, em virtude da falta de referencial teórico e base prática.

Ao analisar a capacidade dos estudantes em reproduzir as práticas realizadas em sala de aula, 8 discentes responderam que sim, conseguiriam reproduzir as práticas (36,4%), enquanto apenas 2 deles responderam que não (9,1%). Ademais, 12 discentes responderam que talvez conseguiriam reproduzir (54,6%) (Figura 6).

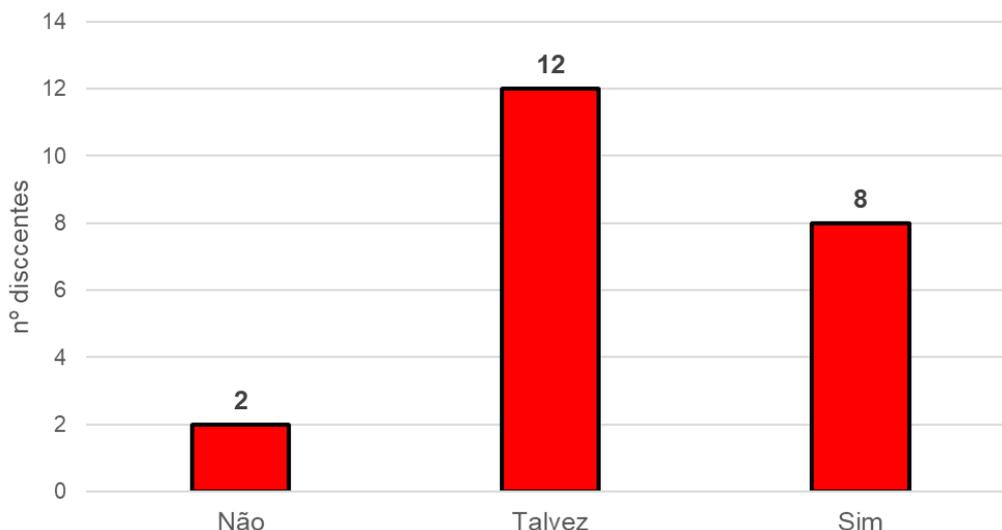


Figura 6. Você conseguiria reproduzir as práticas feitas em sala de aula? **Fonte:** os autores.

Os estudantes que responderam não ou talvez em relação à capacidade de reproduzir as práticas, atribuíram à falta de práticas em momentos anteriores (7 discentes - 50%); falta de tempo para estudar mais o assunto (5 discentes - 35,7%) ou, falta de base conceitual (2 discentes - 14,3%) (Figura 7).

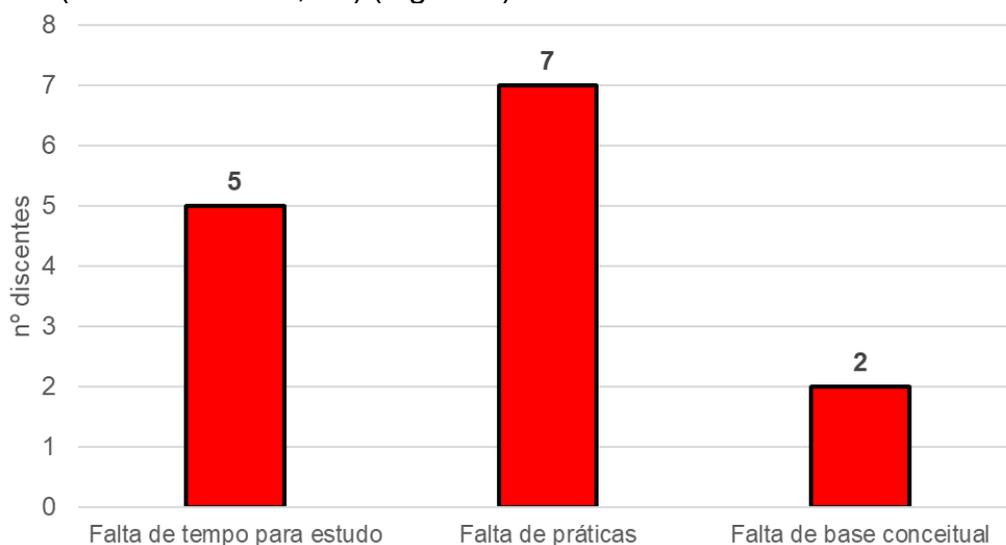


Figura 7. Se não/talvez, a que você atribui isso? **Fonte:** os autores.

Ferramentas e linguagens de programação

Com relação ao contato prévio dos alunos com linguagens de programação ou plataformas em nuvem, 4 estudantes tiveram contato anterior com a linguagem *JavaScript*; apenas 1 estudante teve contato anterior com a linguagem *Python*; apenas 1 estudante teve contato prévio com Google Earth Engine e nenhum estudante teve contato prévio com o Google COLAB. Àqueles que tiveram contato prévio com tais ferramentas utilizaram, no geral, em aplicações de gestão territorial, engenharia florestal e ambiental. Dos 22 alunos que responderam o questionário, apenas 27,3% deles tiveram contato prévio com tais linguagens e ferramentas. Ao passo que, 72,7%

ainda não conheciam ou não haviam tido contato com linguagens de programação e com as ferramentas GEE e COLAB.

Outra questão levantada foi sobre a melhoria do processo de ensino e aprendizagem dos discentes sobre SR por meio de ferramentas de linguagem de programação. Em uma escala de 1 a 5 (1: não facilitou nenhum pouco o processo de ensino e aprendizagem a 5: facilitou muito o processo e ensino de aprendizagem), 50% dos discentes afirmaram que o uso das tecnologias de programação facilitou o seu processo de aprendizagem (escala 4), enquanto para 45,5% deles o uso dessas ferramentas foram intermediárias nesse processo (escala 3) e, apenas 4,5% avaliaram que o uso dessas ferramentas não facilitou seu processo de aprendizagem (escala 2) (Figura 8).

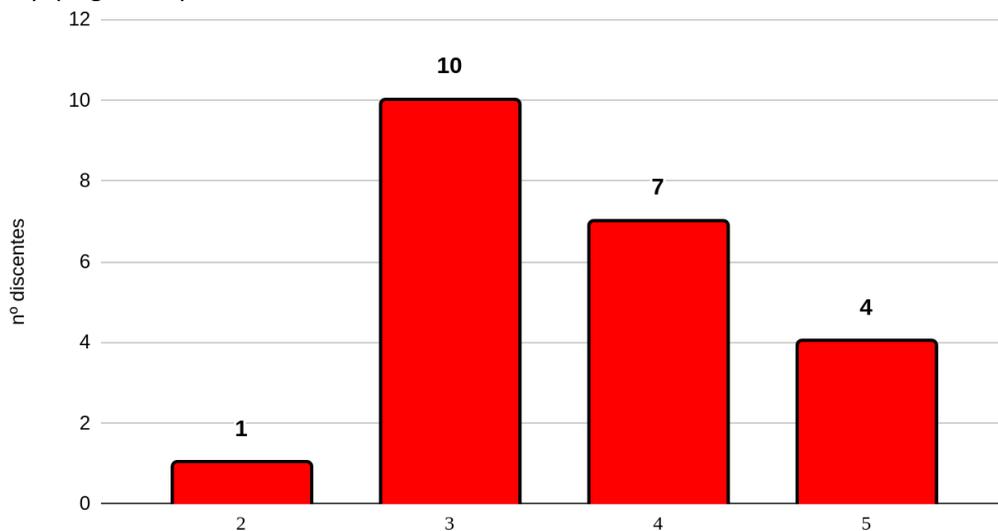


Figura 8. O uso de tecnologias de programação facilitou seu processo de aprendizagem sobre sensoriamento remoto? **Fonte:** os autores.

Ainda com o objetivo de extrair informações sobre o processo de aprendizagem em SR por intermédio da aplicação de ferramentas baseadas em linguagens de programação, 8 discentes responderam que a linguagem *JavaScript* foi a que encontraram maior facilidade para entendimento (36,4%) e 6 responderam que foi a linguagem *Python* (27,3%). Além disso, 4 estudantes responderam que tiveram facilidade em ambas as linguagens (18,2%) e 4 deles responderam que não tiveram facilidade em nenhuma (18,2%) (Figura 9).

As ferramentas que utilizam linguagens de programação apresentam um nível de dificuldade maior pelo fato da necessidade de um conhecimento prévio da linguagem. Esse conhecimento envolve não somente a sintaxe da programação, mas também a lógica para criar um programa. Além disso, vários fatores podem estar associados à preferência por uma ou outra, como por exemplo, a interface amigável, preferência do usuário, sintaxe de construção do código, nível de familiaridade com ciência da computação, entre outros.

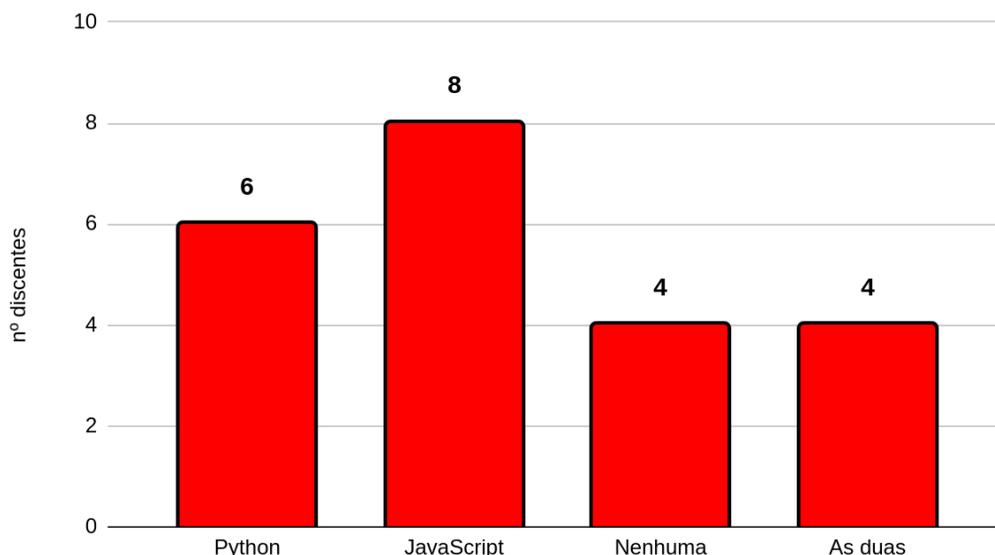


Figura 9. Qual linguagem de programação você encontrou maior facilidade de entendimento? **Fonte:** os autores.

Com o intuito de entender a motivação dos discentes em continuar aprimorando suas habilidades em plataformas e linguagens de programação, 16 deles responderam que se sentem motivados em aprofundar seus conhecimentos, ao passo que 3 responderam que acharam muito difícil e, portanto, não pretendem continuar usando programação. Além disso, 3 deles responderam que talvez usariam programação futuramente (Figura 10). Àqueles que se sentem motivados em usar a programação como recurso para seus projetos pessoais, profissionais e acadêmicos mostraram que pretendem utilizar para aplicações tais como: processamento de dados; classificação de uso e cobertura; detecção de mudança; gestão territorial e florestal; geoprocessamento no geral e ciência do solo.

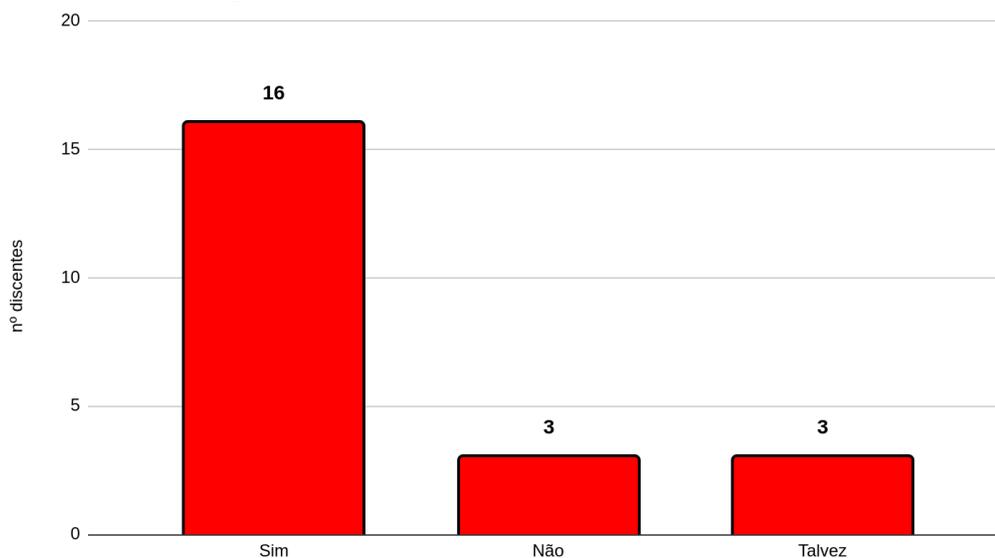


Figura 10. Você se sente motivado em aprofundar seus conhecimentos em linguagem de programação? **Fonte:** os autores.

Ao final do questionário deixamos um espaço aberto para que os discentes pudessem adicionar um comentário / feedbacks sobre a dinâmica do curso, metodologia adotada pela docente, o que gostaram e que poderia ser melhorado para o próximo módulo. Abaixo é possível visualizar alguns dos comentários:

- *“Gostei muito do módulo de aulas, acredito que minha dificuldade é mais relacionada a minha falta de experiência com a área, porém me motivou muito a buscar conhecimento. Aulas foram bem dinâmicas.”*
- *“Gostei muito de aprender mais ferramentas em geoprocessamento, a professora tem ótima didática e muito domínio do conteúdo, tem muito talento.”*
- *“Gostei muito da aula, acho que a professora explica muito bem, mas a falta de conhecimento na área de programação atrapalhou muito meu aprendizado.”*
- *“Apesar de ser complexo o conteúdo, foi possível compreender a base a ser seguida, possibilitando entendimento para futuras aplicações.”*
- *“Acredito que alguns tiveram um pouco de dificuldade com as linguagens de programação.”*

Por fim, a partir dos resultados encontrados foi possível inferir sobre as potencialidades, deficiências e dificuldades acerca dos conteúdos e das ferramentas práticas adotadas ao longo dessa disciplina, possibilitando a identificação de lacunas no método de ensino e buscarmos melhorias futuras, preferencialmente na introdução da lógica de programação.

CONCLUSÃO

A aplicação de diferentes práticas durante o curso de Interpretação de Imagens Orbitais, com ênfase no uso de diferentes linguagens de programação (*Python* e *JavaScript*) revelou-se como uma eficiente forma de superação das formas tradicionais de ensino e, ao mesmo tempo uma superação na maneira de aprender sobre sensoriamento remoto, temas de difícil compreensão. A utilização dessas ferramentas foi uma forma de fornecer aos alunos de sensoriamento remoto um meio para um aprendizado mais interativo, envolvente e abrangente que seja congruente com as práticas de ensino emergentes. A partir do ponto de vista dos discentes, foi possível perceber que muitos nunca tinham usado linguagem de programação em suas aplicações (acadêmicas ou profissionais), porém mostraram-se entusiasmados em aprender uma nova ferramenta, apesar da dificuldade encontrada no processo de construir o código e entender a sintaxe de programação.

Por fim, diferente do ensino básico e da graduação, em que os discentes chegam com nenhum ou pouco nível de conhecimento em SR, nos cursos de especialização, geralmente os discentes já possuem algum nível de familiaridade com o assunto. Porém, os alunos têm muito mais liberdade e responsabilidade sobre seus estudos e sobre o desenvolvimento das habilidades que os tornarão especialistas em suas áreas. Lidar com novas ferramentas, especialmente que envolvam programação pode ajudar no desenvolvimento de habilidades que hoje são tão desejadas pelo mercado de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às instituições, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Instituto Federal de Rondônia (IFRO), pelos auxílios prestados para realização da pesquisa.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Thaís Medeiros e Poliana Ferro. **Metodologia:** Thaís Medeiros. **Análise formal:** Thaís Medeiros e Poliana Ferro. **Pesquisa:** Thaís Medeiros e Poliana Ferro. **Recursos:** Thaís Medeiros e Poliana Ferro. **Preparação de dados:** Thaís Medeiros e Poliana Ferro. **Escrita do artigo:** Thaís Medeiros e Poliana Ferro. **Revisão:** Ranieli de Souza e Liana Anderson. **Supervisão:** Liana Anderson. **Aquisição de financiamento:** Ranieli de Souza. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS

CALLEJAS, I. A. et al. 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, n. 15, p. 11995, 2023.

CAMARA, G. S.; CAMBOIM, S. P.; BRAVO, J. V. M. Using Jupyter Notebooks for Viewing and Analysing Geospatial Data: Two Examples for Emotional Maps and Education Data. The International Archives of the Photogrammetry, **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 46, p. 17-24, 2021.

FERNÁNDEZ-SOLAS, A. et al. Google Colaboratory: A Teaching Tool for PV Education. In: 2022 Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (**XV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference**). IEEE, 2022. p. 1-7.

GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

HEJMANOWSKA, B. et al. Modern remote sensing and the challenges facing education systems in terms of its teaching. In: **EDULEARN 15 Proceedings**. IATED, 2015. p. 6549-6558.

MACHADO, R. et al. A gestão do conhecimento e o uso de tecnologias de geoprocessamento no ensino de ecologia. **Revista ENCITEC**, v. 9, n. 3, p. 151-161, 2019.

MAGGIONI, V. et al. Building an online learning module for satellite remote sensing applications in hydrologic science. **Remote Sensing**, v. 12, n. 18, p. 3009, 2020.

MESAS-CARRASCOSA, F. J. et al. Project-based learning applied to unmanned aerial systems and remote sensing. **Remote Sensing**, v. 11, n. 20, p. 2413, 2019.

MUI, A. B; et al. Development of a web-enabled learning platform for geospatial laboratories: improving the undergraduate learning experience. **Journal of Geography in Higher Education**. v. 39, p. 356-368, 2015.

SCHUARTZ, A. S. et al. Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) e processo de ensino. **Revista katálysis**, v. 23, p. 429-438, 2020.

VYAS, A.; KOENIG, G. Computer Aided Teaching in Photogrammetry, Remote Sensing, and Geomatics—A Status Review. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 40, p. 113-118, 2014.



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

