

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO TECNOLÓGICO

JEAN CARLOS DIAS

**ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS COM APOIO DE
IMAGENS DE RADAR SENTINEL-1: UMA PROPOSTA DE ENSINO-
APRENDIZAGEM PARA CURSOS SUPERIORES RELACIONADOS
AO MEIO AMBIENTE**

JEAN CARLOS DIAS

**ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS COM APOIO DE
IMAGENS DE RADAR SENTINEL-1: UMA PROPOSTA DE ENSINO-
APRENDIZAGEM PARA CURSOS SUPERIORES RELACIONADOS
AO MEIO AMBIENTE**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (MPET - IFAM), Campus Manaus Centro, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino Tecnológico.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Andréa Pereira Mendonça.

Área de Concentração: Processos e Produtos para o Ensino Tecnológico.

Linha de Pesquisa: Recursos para o Ensino Técnico e Tecnológico.

Manaus - AM
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D541e Dias, Jean Carlos.

Elaboração de diagnósticos ambientais com apoio de imagens de radar *sentinel-1*: uma proposta de ensino-aprendizagem para cursos superiores relacionados ao meio ambiente. / Jean Carlos Dias. – Manaus, 2020.
123 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2020.

Orientadora: Profa. Dra. Andréa Pereira Mendonça.

1. Ensino tecnológico. 2. Aprendizagem ativa. 3. Sensoriamento remoto. 4. Meio ambiente. I. Mendonça, Andréa Pereira. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 371.33

JEAN CARLOS DIAS

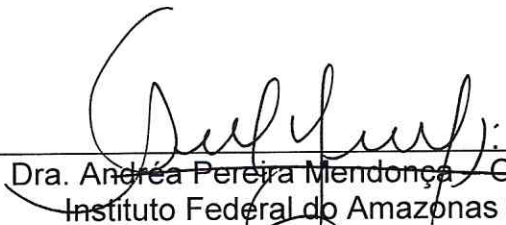
DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS COM APOIO DAS IMAGENS SENTINEL-1:UMA
PROPOSTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM PARA CURSOS SUPERIORES
RELACIONADOS AO MEIO AMBIENTE

Dissertação apresentada ao Mestrado
Profissional em Ensino Tecnológico do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas como requisito para
obtenção do título de Mestre em Ensino
Tecnológico.

Linha de Pesquisa: Recursos para o Ensino
Técnico e Tecnológico

Aprovada em 17 de fevereiro de 2020.

BANCA EXAMINADORA



Dra. Andrea Pereira Mendonça – Orientadora
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)



Dr. Jean Dalmo de Oliveira Marques – Membro Titular Interno
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)



Dra. Solange dos Santos Costa – Membro Titular Externo
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

AGRADECIMENTOS

Demorou, mas chegou! É chegada a hora de olhar para trás e reconhecer as dificuldades e os méritos desta jornada, além disso, de ser justo com todos aqueles que ajudaram a pavimentar o caminho percorrido. Pode parecer pouco tempo, mas foram dois anos muito intensos, repletos de instabilidades profissionais, contratempos familiares, problemas de saúde e, principalmente, muito trabalho. Apesar de todas as dificuldades e abdições, foi um período muito gratificante de desenvolvimento intelectual e crescimento profissional. Por isso, agradeço a Deus que, mesmo diante da tempestade, deu-me forças para manter o foco no caminho a ser seguido. Agradeço aos meus familiares, pois, sem dúvida, foram as pessoas mais prejudicadas pela minha impaciência, falta de atenção, indisponibilidade, mau humor e todos os demais reflexos decorrentes do tempo e dos contratempos da pesquisa. Agradeço a todos os professores do MPET pelo convívio e, principalmente, pelos ensinamentos transmitidos. Além deles, agradeço ao pessoal da secretaria e a todos os demais funcionários do IFAM-CMC, os quais sempre ofereceram todo o suporte necessário para a conclusão deste mestrado. Nesse sentido, não poderia deixar de mencionar os meus colegas da turma do MPET-2018, pois, em que pese muitas vezes a solidão da pesquisa, fiz grandes amizades e esses momentos felizes ficarão guardados para sempre na minha memória. Também, agradeço aos alunos que participaram da aplicação prática realizada nesta pesquisa, que, com dedicação e empenho, foram protagonistas neste trabalho. Além disso, agradeço a todos os professores e estudantes que dedicaram parte do seu precioso tempo para participar do processo de avaliação do produto educacional, vocês foram muito importantes. Agradeço aos professores que aceitaram participar das bancas de projeto, qualificação e defesa, pois suas orientações, críticas, comentários e sugestões contribuíram decisivamente para o aprimoramento das minhas convicções e dos resultados da pesquisa. Agradeço a você que, mesmo não tendo sido citado, tem a minha eterna gratidão por ter feito parte dessa minha trajetória. E por último, não por ser menos importante, mas para dar o destaque que essa pessoa merece, agradeço à minha orientadora, Prof^a Dr^a. Andréa Pereira Mendonça, a melhor parte do meu mestrado. Responsável, carinhosa, atenciosa e muito competente, nunca deixou de acreditar na minha capacidade e no meu trabalho. Eu aguardava ansiosamente as nossas reuniões de orientação, que mais pareciam sessões de terapia e isso era mais produtivo do que qualquer literatura. Minha orientadora, obrigado pelos ensinamentos acadêmicos, pela paciência, pela ética, pelo respeito e pelas lições de vida, você foi a minha maior motivadora. Enfim, acabou! Mas, que bom que acabou! Missão cumprida!

RESUMO

Nesta pesquisa apresenta-se uma proposta de ensino-aprendizagem para elaboração de diagnósticos ambientais com apoio de imagens do Radar Sentinel-1, a qual tem como público-alvo, graduandos e profissionais recém-egressos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente. Essa proposta de ensino-aprendizagem está fundamentada no Alinhamento Construtivo, implementa o modelo de Sala de Aula Invertida, encontra-se associada a Aprendizagem Baseada em Projetos e visa colocar o aluno no centro do ensino, aprendendo de forma ativa. Ainda, propõe-se a capacitar o público-alvo com noções básicas de processamento e interpretação de imagens oriundas do Sentinel-1 para a elaboração de diagnósticos ambientais sobre temas importantes e abrangentes, com ênfase em cenários como desmatamentos, mineração em leito de rio e áreas alagadas, cujas técnicas de pré-processamento, processamento e interpretação de imagem podem ser replicadas em outros contextos. A fim de avaliar os aspectos eficientes e limitantes da proposta, bem como verificar as habilidades individuais desenvolvidas pelos alunos, foi realizada uma aplicação, por meio de um minicurso com carga horária de 40 horas. Os resultados observados demonstram que os alunos foram capazes de identificar, processar e interpretar imagens do Radar Sentinel-1 utilizando o *software Sentinel Application Platform (SNAP)*, solucionando os problemas propostos. Essa proposta de ensino-aprendizagem foi sintetizada em um produto educacional intitulado "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1", formatado como um guia didático para professores. Esse produto educacional resultante foi submetido a duas avaliações: a primeira, realizada por Professores, Mestres e Doutores da área, os quais concluíram que, além de relevante e adequado, esse curso é de fácil compreensão e replicável por outros professores. A segunda avaliação foi realizada por estudantes, a fim de observar se os mesmos seriam capazes de aprender noções básicas de processamento e interpretação de imagens de Radar Sentinel-1 por meio do acompanhamento autônomo do produto. Embora o produto seja voltado para professores, a avaliação com estudantes foi realizada com vistas a enriquecer as percepções sobre o produto. Dessa forma, constatado que os alunos foram capazes de aprender noções básicas de processamento e interpretação de imagens Sentinel-1 e que os professores-avaliadores se declararam capazes de ministrar esse curso, há evidências de que esse produto educacional atende ao que se propõe e pode ser replicado em cursos superiores relacionados a área de Meio Ambiente.

Palavras-chave: Aprendizagem ativa. Sensoriamento remoto. Radar. Meio Ambiente.

ABSTRACT

This work presents a teaching-learning proposal aiming at environmental diagnostics with support of Sentinel-1 Radar images intended to under graduate students and recent graduates of higher courses of Environmental areas. This teaching-learning proposal is based on the Constructive Alignment, implements the Inverted Classroom model, is associated with Project-Based Learning, and places students at the center of the process, promoting active learning. It is also devoted to qualify the target audience with basic concepts of Sentinel-1 image processing and interpretation to enable diagnostics on widespread and important topics, such as deforestation, river mining and flooded areas, whose preprocessing, processing and image interpretation techniques can be replicated in other contexts. To evaluate the advantages and limitations of such teaching-learning proposal, as well as to verify the individual ability developed by students, an application was performed by means of a short course during 40 hours. The results observed attest that students were able to identify, process and interpret Sentinel-1 Radar images using the Sentinel Application Platform (SNAP) software, solving the proposed problems. This teaching-learning proposal was synthesized in a "Introduction Course to Sentinel-1 Image Processing and Interpretation", organized as a didactic guide for teachers. This resulting educational product has undergone two evaluations: the first, carried out by teachers, masters and doctors of the related area allowed them to concluded that, besides being relevant and appropriate, this course is easy to understand and to replicate in different educational contexts. The second one, carried out with students, was aimed at observing if they were capable to learn themselves basic notions of Sentinel-1 Radar image processing and interpretation. Although the proposal was designed to be applied by teachers, such evaluation helped us to enhance the perceptions regarding the product. Therefore, it was verified that students were capable to learn basic notions of Sentinel-1 image processing and interpretation and that the teachers-evaluators asserted to be capable to carry out such course themselves, there are supporting evidences that this educational product meets its purpose and that can be replicated in high level courses related to the Environmental areas.

Keywords: Active learning. Remote sensing. Radar. Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de sensoriamento remoto.....	11
Figura 2 - Comparação entre uma imagem óptica e uma imagem de Radar.....	13
Figura 3 - Cobertura de nuvens/sombras sobre a Amazônia Legal em 2017 (destacado na cor rosa).....	14
Figura 4 - Faixas do espectro eletromagnético.....	15
Figura 5 - Quantidade de cursos que ministrarão os conteúdos previstos nos PPC analisados.....	21
Figura 6 - Taxonomia SOLO.....	31
Figura 7 - Gradiente de evolução dos conteúdos e atividades didáticas.....	41
Figura 8 - Informações sobre idade, gênero, escolaridade e especialidade dos candidatos.....	49
Figura 9 - Imagens da aplicação da proposta de ensino-aprendizagem.....	53
Figura 10 - Níveis de desempenho individual dos alunos.....	55
Figura 11 - Experiência Inicial x Desempenho Individual.....	56
Figura 12 - Quantidade de menções positivas apresentadas pelos alunos.....	57
Figura 13 - Aspectos positivos do curso na opinião do Aluno 01.....	57
Figura 14 - Aspectos positivos do curso na opinião do Aluno 06.....	57
Figura 15 - Aspectos positivos do curso na opinião do Aluno 11.....	57
Figura 16 - Desempenho individual dos alunos em função do número de RA corretos.....	58
Figura 17 - Elogio do Aluno 07 aos problemas propostos.....	60
Figura 18 - Exemplo de resposta de nível Avançado para a habilidade IDENTIFICAR.....	60
Figura 19 - Exemplo de resposta de nível Proficiente para a habilidade IDENTIFICAR.....	61
Figura 20 - Nível de desempenho individual dos alunos considerando as habilidades avaliadas.....	62
Figura 21 - Capa do produto educacional.....	64
Figura 22 - Organização dos módulos.....	65
Figura 23 - Sugestão de bibliografias.....	67
Figura 24 - Caracterização do grupo de professores-avaliadores.....	70
Figura 25 - Perfil de atuação dos 04 (quatro) professores-avaliadores.....	71
Figura 26 - Avaliação do produto educacional quanto a qualidade, organização, adequação e relevância.....	73
Figura 27 - Avaliação geral do Produto Educacional e do Guia do Professor.....	74

Figura 28 - Quantidade de menções a possíveis dificuldades para replicação do produto educacional.....	75
Figura 29 - Quantidade de menções a oportunidades de melhora no produto educacional.....	77
Figura 30 - Quantidade de menções às qualidades do produto educacional.....	78
Figura 31 - Opinião do professor-avaliador 01.....	78
Figura 32 - Opinião do professor-avaliador 02.....	79
Figura 33 - Opinião do professor-avaliador 03.....	79
Figura 34 - Opinião do professor-avaliador 04.....	79
Figura 35 - Caracterização do grupo de estudantes-avaliadores.....	82
Figura 36 - Experiência prévia dos estudantes-avaliadores nas geotecnologias abordadas no curso.....	82
Figura 37 - Experiência prévia dos estudantes-avaliadores em atividades realizadas durante a Graduação.....	83
Figura 38 - Nível de conhecimento prévio autodeclarado e escolaridade dos estudantes-avaliadores.....	83
Figura 39 - Exemplo de resposta apresentada pelo estudante-avaliador 01.....	86
Figura 40 - Conhecimento Prévio Autodeclarado x Desempenho Individual Final.....	88
Figura 41 - Processamento da imagem Sentinel-1 realizado pelo estudante-avaliador 02 para o Problema 01.....	88
Figura 42 - Processamento da imagem Sentinel-1 realizado pelo estudante-avaliador 02 para o Problema 02.....	89
Figura 43 - Processamento da imagem Sentinel-1 realizado pelo estudante-avaliador 02 para o Problema 03.....	89
Figura 44 - Resposta do estudante-avaliador 01 para o item 01 do Problema 03	90
Figura 45 - Resposta do estudante-avaliador 03 para o item 02 do Problema 03	91
Figura 46 - Avaliação do produto educacional realizada por estudantes-avaliadores.....	91
Figura 47 - Quantidade de menções às qualidades do produto educacional segundo os estudantes-avaliadores.....	92
Figura 48 - Opinião do estudante-avaliador 01.....	93
Figura 49 - Opinião do estudante-avaliador 02.....	93
Figura 50 - Opinião do estudante-avaliador 03.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características das bandas mais utilizadas em imageamentos por Radar.....	15
Quadro 2 - Cursos Superiores Relacionados ao Meio Ambiente.....	19
Quadro 3 - Relação dos Projetos Pedagógicos de Curso analisados.....	20
Quadro 4 - Repositórios de recursos para atividade de sensoriamento remoto.....	24
Quadro 5 - Bibliografia que fundamentou o conteúdo teórico proposto.....	33
Quadro 6 - Apresentação dos módulos, conteúdos e carga horária.....	33
Quadro 7 - Exemplo de problema real e contextualizado.....	36
Quadro 8 - Modelo de estrutura para elaboração Roteiros de Aprendizagem.....	38
Quadro 9 - Rubrica elaborada para avaliação das habilidades Identificar, Processar e Interpretar.....	44
Quadro 10 - Materiais didáticos concebidos para aplicação da proposta de ensino-aprendizagem.....	45
Quadro 11 - Problema para avaliação de conhecimento.....	52
Quadro 12 - Linhas de ação para avaliação do produto educacional.....	68

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice A - Plano de Ensino do Curso "Diagnósticos Ambientais por Meio de Imagens de Radar"
- Apêndice B - Capítulo para o livro 'Perspectivas metodológicas para sala de aula - Editora Appris'
- Apêndice C - Artigo 'Diagnósticos ambientais por meio da interpretação de imagens de Radares orbitais: uma experiência de ensino' apresentado no XIX SBSR/INPE - 2019
- Apêndice D - Artigo 'O sensoriamento remoto e a sua relação com a estrutura das revoluções científicas de Thomas Kuhn' em processo de avaliação pelo periódico científico HOLOS/IFRN
- Apêndice E - Palestra 'O emprego de imagens de satélite no contexto amazônico e a relação com a formação de profissionais' apresentada na Semana de Informática do IFAM - 2019
- Apêndice F - Organização do 'V Simpósio em Ensino Tecnológico no Amazonas' - 2019

LISTA DE SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos
AEA	Atividades de Ensino e Aprendizagem
AEB	Agência Espacial Brasileira
ANM	Agência Nacional de Mineração
ARPs	Aeronaves Remotamente Pilotadas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CENSIPAM	Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia
CMC	Campus Manaus Centro
CR-MN	Centro Regional de Manaus
dB	<i>Decibéis</i>
DSR/INPE	Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE
EAD	Ensino a Distância
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESA	<i>European Space Agency</i>
GEODEN	Geotecnologias Digitais no Ensino
GLOBE	<i>Global Learning and Observations to Benefit the Environment</i>
GRD-IW	<i>Ground Range Detected Interferometric Wide Swath Mode</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IFAM	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
IFRN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
InSAR	Interferometria por Radar de Abertura Sintética
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
MEC	Ministério da Educação
MPET	Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico
MWIR	<i>Midwave Infrared</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NIR	<i>Near Infrared</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PDF	<i>Portable Document Format</i>
PPC	Projetos Pedagógicos de Curso
QP	Questão de Pesquisa
QPE	Questão de Pesquisa Extraordinária
QRCode	<i>Quick Response Code</i>
RA	Roteiro de Aprendizagem
RADAR	<i>Radio Detection And Ranging</i>
RAR	Radar de Abertura Real
REM	Radiação Eletromagnética
RGB	<i>Red, Green and Blue</i>
RIESup	Revista Internacional de Educação Superior
RPA	Resultados Pretendidos da Aprendizagem
SAR	Radar de Abertura Sintética
SBSR	Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto
SETA	Simpósio em Ensino Tecnológico no Amazonas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINDE	Sistema de Inteligência de Defesa
SNAP	<i>Sentinel Application Platform</i>
SOLO	<i>Structure of the Observed Learning Outcomes</i>
SWIR	<i>Short Wave Infrared</i>
TA	Tarefas de Avaliação
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TIR	<i>Thermal Infrared</i>
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNISUL	Universidade do Sul de Santa Catarina
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
VIS	<i>Visible</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
1.1 UMA VISÃO GERAL SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO.....	9
1.2 UMA VISÃO GERAL SOBRE AS IMAGENS DE RADARES ORBITAIS.....	15
1.3 CONTEXTO DO ENSINO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO.....	18
1.4 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (ABP).....	27
1.5 MODELO DE SALA DE AULA INVERTIDA	28
1.6 ALINHAMENTO CONSTRUTIVO	29
2 PROPOSTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM PARA ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS COM APOIO DE IMAGENS DE RADAR SENTINEL-1.....	32
2.1 RESULTADOS PRETENDIDOS DA APRENDIZAGEM (RPA)	32
2.2 CONTEÚDO TEÓRICO E CARGA HORÁRIA	32
2.2.1 Módulo I.....	34
2.2.2 Módulo II.....	35
2.2.3 Módulo III	35
2.2.4 Módulo IV	36
2.3 PROJETOS BASEADOS EM PROBLEMAS REAIS	36
2.4 ROTEIROS DE APRENDIZAGEM.....	37
2.5 TECNOLOGIAS	39
2.6 DINÂMICA DE ENSINO.....	41
2.7 MATERIAL DIDÁTICO CONCEBIDO	45
3 PERCURSO METODOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM	47
3.1 PLANEJAMENTO.....	47
3.1.1 Preparação	48
3.1.2 Sujeitos	48
3.1.3 Questões de Pesquisa.....	49
3.2 EXECUÇÃO E COLETA DE DADOS	50
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
3.3.1 Questão de pesquisa 1 (QP1).....	54
3.3.2 Questão de pesquisa 2 (QP2).....	62

4 O PRODUTO EDUCACIONAL E O PERCURSO METODOLÓGICO PARA SUA AVALIAÇÃO	64
4.1 VISÃO GERAL DO PRODUTO EDUCACIONAL	64
4.2 PERCURSO METODOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL PELO COMITÊ <i>AD HOC</i> DE PROFESSORES-AVALIADORES	68
4.2.1 Planejamento	68
4.2.1.1 <i>Preparação</i>	69
4.2.1.2 <i>Professores-Avaliadores</i>	70
4.2.1.3 <i>Questão de Pesquisa</i>	71
4.2.2 Execução e Coleta de Dados	71
4.2.3 Resultados e Discussões	72
4.2.3.1 <i>Questão de Pesquisa 3 (QP3)</i>	72
4.2.3.2 <i>Outras considerações dos professores sobre o produto educacional</i>	76
4.3 AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL REALIZADA POR ESTUDANTES	79
4.3.1 Planejamento	80
4.3.1.1 <i>Preparação</i>	81
4.3.1.2 <i>Estudantes-Avaliadores</i>	81
4.3.1.3 <i>Questão de Pesquisa Adicional (QPA)</i>	84
4.3.2 Execução e Coleta de Dados	84
4.3.3 Resultados e Discussões	85
4.4 ALTERAÇÕES REALIZADAS NO PRODUTO EDUCACIONAL	94
 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
 REFERÊNCIAS	98
 APÊNDICES	103

INTRODUÇÃO

A elaboração de um diagnóstico ambiental pode ser compreendida como a atividade de descrever as condições ambientais existentes, em um determinado momento, numa área em estudo (SANCHÉZ, 2013). Essa descrição deve fornecer informações suficientes para se avaliar as ações ocorridas em um tempo passado, sejam elas oriundas dos meios físico, biológico ou socioeconômico, além de oferecer subsídios para uma etapa futura: prever e avaliar os impactos ambientais, propor medidas mitigadoras, compensatórias ou planos de monitoramento (ALMEIDA et al., 2015). Portanto, os diagnósticos ambientais contemplam a descrição e a análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, com o meio físico (solo, água, ar, clima, etc.), biológico e ecossistemas naturais (fauna, flora, etc.) e sócio-econômico (ocupação do solo, utilização da água, etc.) (BRASIL, 1986).

A elaboração de diagnósticos ambientais é uma importante demanda profissional de egressos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, tais como, Engenharia Ambiental, Engenharia de Florestal, Engenharia Agrícola, Ciências Biológicas, Geografia, Geologia, Oceanografia, dentre outros. Para realização desse tipo de tarefa, esses profissionais necessitam possuir conhecimentos e habilidades específicas que os permitam realizar seu trabalho de maneira precisa e eficiente, ainda que encontrem situações desfavoráveis, como regiões de difícil acesso, condições climáticas adversas, áreas com grande extensão territorial, dentre outras.

Nesse sentido, considerando as dimensões continentais do território brasileiro, entende-se como sendo fundamental que esses profissionais possuam a capacidade de realizar diagnósticos ambientais sem necessariamente estar em contato ou próximo do alvo analisado, ou seja, que possuam a capacidade de realizar esse tipo de trabalho apoiados pelo emprego técnicas de sensoriamento remoto e imagens de satélite.

Ainda, tendo em vista as características climáticas do território brasileiro, acredita-se ser importante que esses profissionais, além das imagens ópticas, também saibam interpretar imagens satelitais oriundas de sensores ativos, como, por exemplo, as imagens de Radares orbitais.

Todavia, esses egressos, muitas vezes, não estão aptos a atender essa demanda devido a algumas lacunas existentes nos currículos dos seus cursos superiores. Verifica-se que, apesar do tema 'sensoriamento remoto' ser uma realidade nos cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, é praticamente inexistente a previsão do ensino da interpretação de

imagens de Radares orbitais nos Projetos Pedagógicos desses cursos de graduação (DIAS; MENDONÇA, 2019).

Entende-se que essa lacuna possa ser mitigada por meio da elaboração de uma proposta de ensino-aprendizagem que capacite graduandos e recém-egressos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente a realizarem diagnósticos ambientais com apoio de imagens de Radar Sentinel-1, empregando técnicas de sensoriamento remoto. Para atingir esse propósito, essa proposta deve ser capaz de, ao menos, desenvolver 03 (três) habilidade básicas principais nesse público-alvo, ou seja, IDENTIFICAR as ferramentas básicas de processamento e as características de uma imagem Sentinel-1, PROCESSAR e INTERPRETAR esse tipo de imagem, a fim de conseguir extrair delas as informações necessárias para subsidiar a elaboração de um diagnóstico ambiental.

Para isso, foi elaborada uma proposta de ensino-aprendizagem baseada em metodologias ativas como a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), o Alinhamento Construtivo e o Ensino Híbrido, levando-se em consideração alguns aspectos importantes, como: utilização de uma linguagem amigável, resolução de problemas reais e emprego de recursos adequados a aplicação acadêmica.

A fim de favorecer a replicação dessa proposta de ensino-aprendizagem em diferentes contextos educacionais e por esta pesquisa ser desenvolvida no âmbito de um curso de Mestrado Profissional, foi elaborado um produto educacional contendo orientações e recursos (sugestão de conteúdos, propostas de atividades, exemplos de problemas, etc.) que auxiliem outros professores a ministrarem esse assunto em sala de aula. O produto educacional foi intitulado "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1", formatado como um "Guia Didático para Professores", sendo concebido, elaborado e avaliado ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, conforme descrito nos Capítulos 3 e 4.

Com base nos elementos expostos, nesta pesquisa foi investigado o seguinte **problema**: *Em que aspectos a adoção dessa proposta de ensino-aprendizagem demonstra-se eficiente para capacitar graduandos e recém-egressos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente a extrair informações de imagens de Radar Sentinel-1 para apoiar a elaboração de diagnósticos ambientais?*

No escopo deste trabalho, buscou-se responder as seguintes **questões de pesquisa**:

1. Em quais aspectos a proposta de ensino-aprendizagem demonstra-se adequada ou limitada com relação ao conteúdo teórico selecionado, aos problemas propostos, à carga horária sugerida, ao método e dinâmica de ensino implementados e a abrangência?

2. Em quais aspectos a proposta de ensino-aprendizagem demonstra-se eficiente ou limitada para o desenvolvimento das habilidades IDENTIFICAR, PROCESSAR e INTERPRETAR imagens de Radar Sentinel-1?
3. Em quais aspectos as orientações do produto educacional demonstram-se eficientes ou limitadas quanto ao seu potencial para replicação por terceiros?

A primeira questão de pesquisa busca testar a adequação (carga horária, conteúdo, abrangência, dinâmica, etc.) da proposta de ensino-aprendizagem, a segunda questão de pesquisa tem o objetivo de testar a eficiência da proposta de ensino-aprendizagem para o desenvolvimento das habilidades básicas (identificar, processar e interpretar) consideradas nesta pesquisa e, por fim, a terceira questão de pesquisa tem a finalidade de testar a replicabilidade do produto educacional por outros professores.

Considerando o exposto, o **objetivo geral** deste trabalho foi o de elaborar uma proposta de ensino-aprendizagem que capacite graduandos e profissionais recém formados em cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente a extrair informações de imagens de Radar Sentinel-1 para apoiar a elaboração de diagnósticos ambientais.

A partir do objetivo geral, foram elaborados os seguintes **objetivos específicos**: i) Compor um referencial teórico que, por meio de metodologias ativas, subsidie a proposta de ensino-aprendizagem no que diz respeito a elaboração de diagnósticos ambientais com apoio de imagens de Radar Sentinel-1, considerando como público-alvo estudantes e profissionais recém-formados em cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente; (ii) Avaliar a proposta de ensino-aprendizagem com base em um planejamento de pesquisa empírica; e iii) Desenvolver um produto educacional que permita a replicação dessa proposta de ensino-aprendizagem por outros professores.

O investimento de pesquisa nesta temática **justifica-se** em virtude da lacuna observada na formação de profissionais oriundos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, principalmente no que tange ao ensino da utilização de imagens de Radares orbitais como ferramenta auxiliar na elaboração de diagnósticos ambientais. Nesse sentido, observa-se que os recursos humanos capacitados a interpretar imagens de Radar estão cada vez mais escassos no mercado de trabalho¹ e que não se identifica expectativa de mudança nesse quadro em curto e médio prazo. Ainda, este trabalho contribui para o desenvolvimento de pesquisas

¹ Informação fornecida Dr. João Antônio Lorenzzetti, pesquisador do INPE e professor da USP, durante os debates relacionados à palestra "Detecção de Sólitos por meio de imagens SAR polarimétricas do satélite Sentinel-1: riscos à navegação na região costeira do Brasil", realizada no XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, em Santos-SP, em 16 de abril de 2019.

relacionadas ao ensino do processamento e interpretação das imagens de Radars orbitais, uma vez que esse assunto ainda é pouco abordado no âmbito da graduação (DIAS; MENDONÇA, 2019; SILVA, 2019). Por fim, esta pesquisa também contribui para promover a divulgação de estudos científicos e discussões relacionadas ao ensino de geotecnologias, uma vez que nos eventos especializados há uma carência de “trilhas” específicas para tratar sobre as questões ligadas a formação de recursos humanos.

A fim de apresentar os detalhes desta pesquisa e a sua condução, este documento foi organizado em 04 (quatro) capítulos. No primeiro, apresenta-se os fundamentos técnicos e pedagógicos que subsidiaram o desenvolvimento da pesquisa. No segundo capítulo, são demonstrados os detalhes da proposta de ensino-aprendizagem, destacando aspectos como carga horária, composição dos módulos, tecnologias utilizadas, projetos propostos e dinâmicas em sala de aula. O terceiro capítulo traz os detalhes da avaliação da proposta de ensino-aprendizagem, incluindo o planejamento e os resultados da aplicação prática realizada com graduandos e profissionais recém-egressos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente na cidade de Manaus-AM. Essa aplicação teve como finalidade buscar resposta para as duas primeiras questões de pesquisa, ou seja, testar a adequação e a eficiência da proposta de ensino-aprendizagem. O quarto capítulo, por sua vez, apresenta os detalhes da organização e os resultados do processo de avaliação do produto educacional realizado em duas etapas, uma por professores-avaliadores e a outra por estudantes-avaliadores. Esse processo avaliativo teve como objetivo buscar resposta para a terceira questão de pesquisa, ou seja, testar a replicabilidade do produto educacional. Ao final, nas considerações finais, são discutidos os resultados alcançados nesta pesquisa, as perspectivas no contexto do ensino, a comunicação científica e as propostas para trabalhos futuros.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresenta-se a fundamentação teórica, iniciando com os aspectos técnicos sobre sensoriamento remoto e conceitos relevantes sobre imagens de Radars orbitais. Na sequência, são apresentados os fundamentos pedagógicos da pesquisa, iniciando com uma apresentação sobre o contexto de ensino da referida temática em cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, seguido de uma apresentação sobre Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), Sala de Aula Invertida e Alinhamento Construtivo, conceitos que subsidiaram a elaboração da proposta de ensino-aprendizagem e o produto educacional derivados desta pesquisa.

1.1 UMA VISÃO GERAL SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO

Denomina-se sensoriamento remoto a obtenção de informações sobre um alvo ou evento específico, sem necessariamente entrar em contato ou estar próximo do mesmo (NOVO, 2010). Em análises ambientais, são exemplos de alvos os rios, as florestas, as geleiras, as montanhas, as plantações e de eventos os desmatamentos, as áreas alagadas, as desertificações, as urbanizações, etc. Essa atividade, definida como Ciência do Sensoriamento Remoto (JENSEN, 2009), também é muito utilizada para o estudo, a vigilância e a proteção de grandes áreas e regiões de difícil acesso.

No Brasil, além das aplicações mencionadas anteriormente, as informações obtidas por meio da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto contribuem, inclusive, com o Sistema de Inteligência de Defesa (SINDE), auxiliando no monitoramento das regiões de difícil acesso e daquelas caracterizadas por grandes vazios demográficos e/ou cartográficos (BRASIL, 2006).

Realizando a ordenação de conceitos, pode-se definir um sistema de sensoriamento remoto da seguinte forma:

a) Sensoriamento Remoto: é a ciência que busca a obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (MENESES; ALMEIDA, 2012);

b) Sensores imageadores: são os equipamentos utilizados em atividades de sensoriamento remoto capazes de coletar e mensurar as respostas da interação eletromagnética, convertendo esse sinal e apresentando-o em forma adequada a extração de informações (MENESES; ALMEIDA, 2012). Quanto ao princípio de funcionamento, os

sensores imageadores podem ser passivos ou ativos. Os sensores passivos são aqueles que não possuem fonte própria de radiação eletromagnética (REM) e apenas registram informações oriundas da reflexão de uma fonte de iluminação externa sobre o alvo observado. Esse tipo de sensor imageador registra informações não somente da faixa do visível (VIS), mas também nas demais faixas do espectro eletromagnético, como infravermelho próximo (NIR), infravermelho de ondas curtas (SWIR), infravermelho médio (MWIR) e infravermelho termal (TIR) - Exemplos de sensores passivos: sensores ópticos, sensores termais, etc. Os sensores ativos são aqueles que possuem fonte própria de radiação eletromagnética (REM), interagindo diretamente com o alvo observado, registrando e mensurando os dados oriundos dessa interação. Esse tipo de sensor imageador trabalha em faixas restritas e específicas do espectro eletromagnético, como por exemplo, a faixa das microondas - Exemplos de sensores ativos: RADAR, LIDAR, etc.;

c) Plataforma: é a estrutura que suporta ou transporta os sensores imageadores. As plataformas podem ser suborbitais (Ex.: aviões, balões, ARPs, navios, torres, etc.) ou orbitais (Ex.: satélites);

d) Imagens ópticas satelitais: trata-se das imagens registradas por sensores imageadores passivos (sensores ópticos), transportados por uma plataforma orbital (satélite) e obtidas por meio de atividade de sensoriamento remoto;

e) Imagens de Radares orbitais: trata-se das imagens registradas por sensores imageadores ativos (Radar), transportados por uma plataforma orbital (satélite) e obtidas por meio de atividade de sensoriamento remoto;

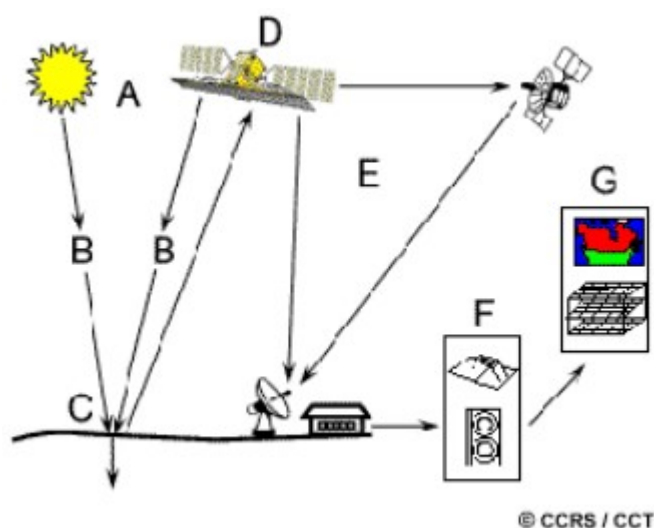
f) Geotecnologias: é um conjunto de tecnologias utilizadas para realizar a coleta, o processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica. O termo é utilizado para designar todas as etapas que envolvem o uso e a análise espacial de dados geográficos, assim como o compartilhamento dessas informações (SANTIAGO & CINTRA, 2017).

g) Sistema de Informação Geográfica (SIG): é conjunto composto pelo *hardware*, *software*, dados, metodologia e pelo próprio analista. Todos esses elementos integram-se para o armazenamento, manipulação e análise de informações espaciais, tendo como produto final mapas temáticos, imagens georeferenciadas, cartas topográficas, gráficos, tabelas, etc. (SOUZA, 2010; GEOAPLICADA, 2018).

A interação dos elementos de um sistema de sensoriamento remoto, conforme descrito anteriormente, pode ser observada na Figura 1. Começando pelo funcionamento de um sensor imageador passivo, o qual tem como fonte de radiação eletromagnética o sol (A), o alvo

observado na superfície terrestre (C) e a reflexão eletromagnética (B) sendo registrada por esse sensor passivo, que está sendo transportado pela plataforma orbital (D). Na Figura 1 também é exemplificado o funcionamento de um sensor imageador ativo que, transportado pela mesma plataforma orbital (D), emite radiação eletromagnética (B) diretamente sobre o alvo (C), registrando e mensurando os dados oriundos dessa interação. É oportuno destacar que uma única plataforma pode transportar um ou mais sensores imageadores. Complementando o funcionamento desse sistema de sensoriamento remoto, o satélite (D) transmite os dados coletados para um satélite de retransmissão ou para uma estação receptora terrestre (E) e esses dados serão processados, classificados e interpretados pelo analista utilizando geotecnologias específicas (F). Dependendo do tipo de aplicação, essas informações podem ser impressas no formato de mapas temáticos, cartas topográficas, gráficos, tabelas, etc. (G) (NRCAN, 2017).

Figura 1- Sistema de sensoriamento remoto.



Fonte: Natural Resources Canadá - NRCAN (2017).

Historicamente, o início do emprego das técnicas de sensoriamento remoto ocorreu antes da primeira guerra mundial. Naquela oportunidade, o objetivo era o reconhecimento de alvos militares por meio de fotografias aéreas e os sensores imageadores eram transportados por balões. Após a segunda guerra mundial, durante o período da guerra fria, ocorreu um grande desenvolvimento da atividade de reconhecimento militar e, conseqüentemente, do sensoriamento remoto. Nesse período, iniciou-se o emprego dos sensores imageadores ativos, nesse caso, o Radar. Na década 1960, com as primeiras missões espaciais tripuladas, ocorreu a potencialização do sensoriamento remoto para monitoramento da Terra. Nesse momento, as

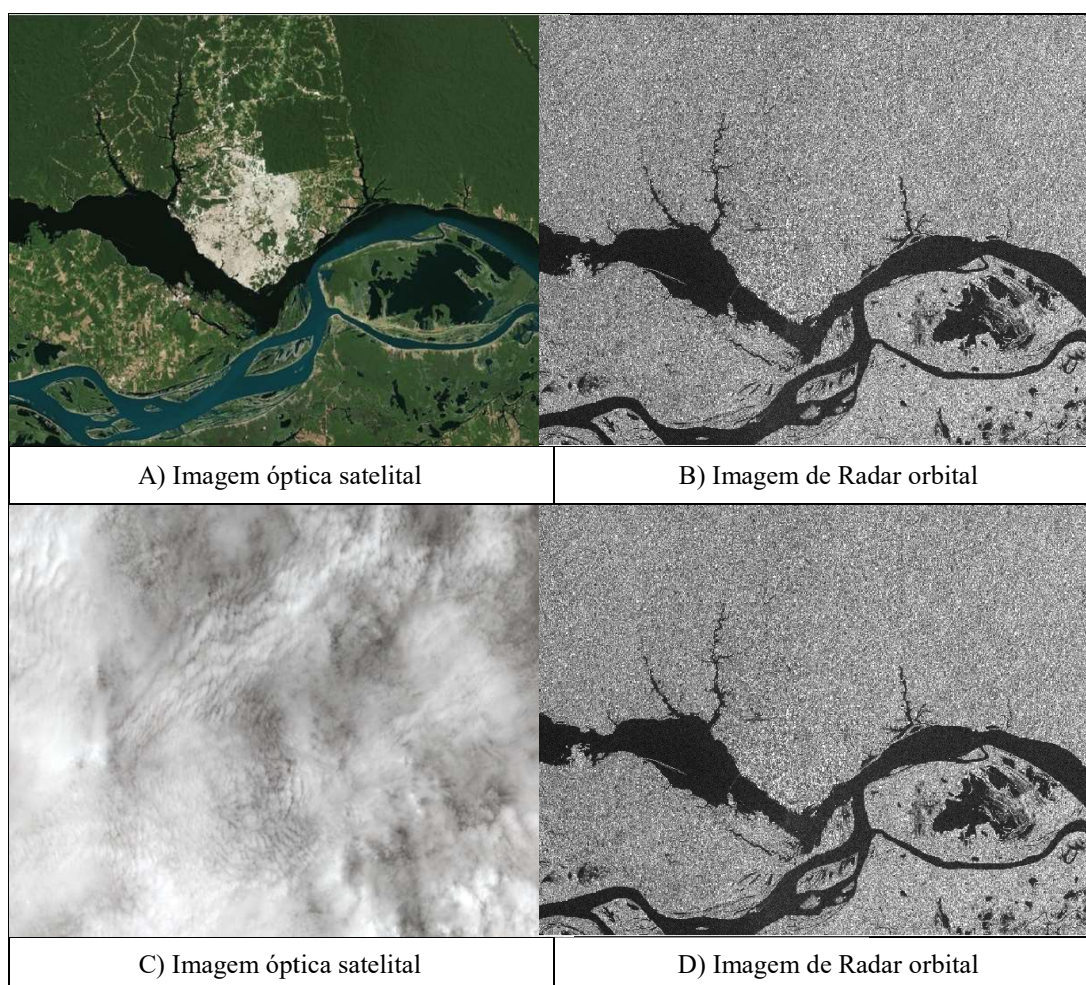
fotografias aéreas foram substituídas pelo imageamento digital (SOUZA, 2010). Nos anos 2000, com a expansão da *Internet* e a disponibilização das imagens de satélite para fins acadêmicos e profissionais, o sensoriamento remoto passou a ser cada vez mais empregado no monitoramento de fenômenos naturais e proteção do Meio Ambiente.

Atualmente, acredita-se que não seja possível estudar, monitorar ou mensurar eventos como desmatamentos, queimadas, alagamentos ou atividades extrativistas utilizando-se exclusivamente dados estatísticos, uma vez que, nessas análises, é indispensável a existência de um subsistema eficiente para aquisição de dados atualizados (JENSEN, 2009). Assim, as informações obtidas por meio das técnicas de sensoriamento remoto passaram a fazer parte da rotina do cidadão comum, exemplo disso são as previsões meteorológicas apresentadas pelos telejornais, que, por meio de um elevado número de recursos tecnológicos, como imagens de satélite e dados de sensores meteorológicos, apresentam diariamente as informações mais precisas e atualizadas possíveis.

Em que pese a gama de possibilidades próprias da atividade de sensoriamento remoto, situações particulares podem exigir a utilização de ferramentas geocomputacionais adequadas e conhecimentos técnicos específicos para que as informações primárias possam ser interpretadas e transformadas em informações qualificadas (NOVO, 2010).

Um exemplo de situação particular, que pode prejudicar ou limitar a eficiência do emprego das técnicas de sensoriamento remoto, é a presença de nuvens na região a ser observada, pois essa condição meteorológica praticamente inviabiliza a utilização de imagens oriundas de sensores imageadores passivos, como as imagens ópticas. Nesse caso, recomenda-se a realização de análises por meio da interpretação de imagens de Radares orbitais, tendo vista a sua capacidade de obter informações sem sofrer a interferência de nuvens (JENSEN, 2009). Esse exemplo pode ser melhor compreendido observando a comparação das imagens apresentadas na Figura 2. As Figuras 2A e 2C apresentam registros realizados por sensores ópticos em condições climáticas distintas, sendo possível observar como a presença de nuvens inviabiliza a utilização desse tipo de imagem. Por sua vez, nas Figuras 2B e 2D, que foram registradas nas mesmas condições climáticas das Figuras 2A e 2C, é possível observar como as imagens de Radar não são prejudicadas pela presença de nuvens.

Figura 2 - Comparação entre uma imagem óptica e uma imagem de Radar.



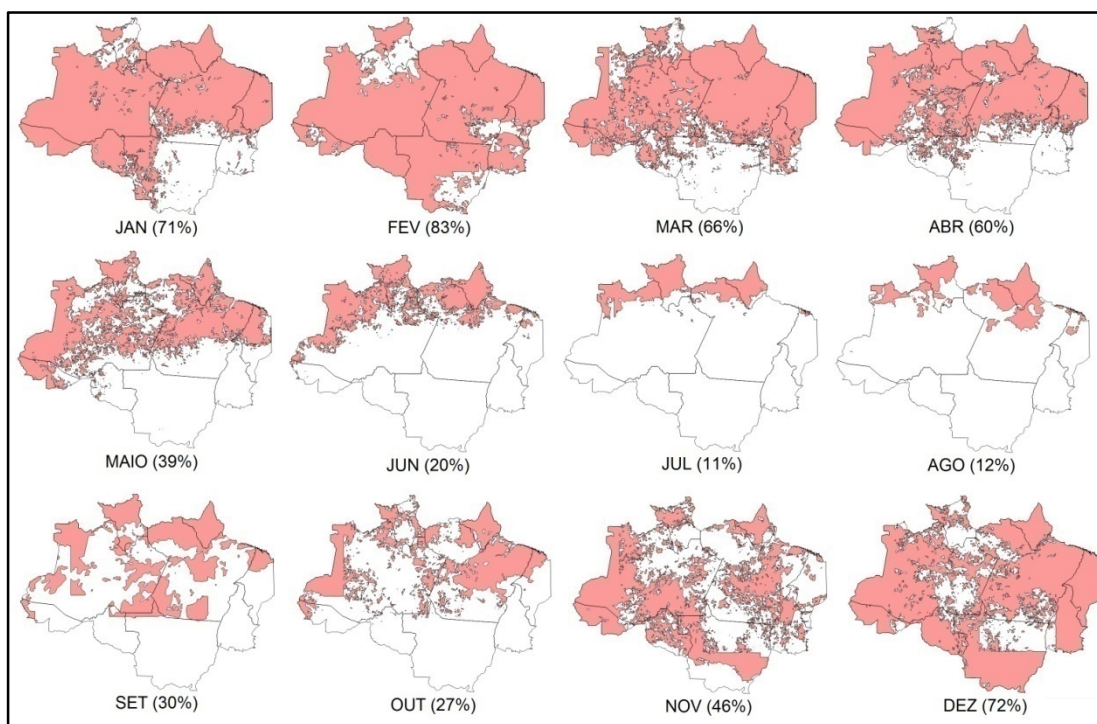
Fonte: USGS (2018); ESA (2018). (Elaborado pelo autor).

O exemplo demonstrado na Figura 2C, de inviabilidade da utilização de imagem ópticas pela presença de nuvens, não representa uma situação excepcional, pois, o regime climático do território brasileiro, apesar da sua diversidade, com exceção das áreas semi-áridas do nordeste, é predominantemente úmido em todas as regiões do país, situação que favorece a cobertura de nuvens em grande parte do ano (BRASIL, 2002).

Essa realidade climática pode ser melhor compreendida observando a Figura 3, a qual apresenta uma representação do regime nuvens e sombras sobre a região da Amazônia Legal em 2017. Essa região, além de possuir uma área de dimensões continentais e com diversos pontos de difícil acesso, passa vários meses do ano coberta por nuvens, cenário que inviabiliza a elaboração de diagnósticos ambientais sem a utilização de ferramentas e técnicas específicas. Situação que é ainda mais complexa em algumas regiões do Amapá, as quais passam praticamente o ano todo cobertas por nuvens. Destaca-se a relevância desse exemplo, pois a Amazônia Legal abriga todo o bioma amazônico brasileiro, parte do cerrado e do

pantanal. Ainda, abrange uma área aproximada de 5.217.423 Km² e representa aproximadamente 61% do território nacional, englobando 09 (nove) estados da Federação - Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e os municípios do estado do Maranhão situados ao oeste do Meridiano 44° (BRASIL, 2014).

Figura 3 - Cobertura de nuvens/sombras sobre a Amazônia Legal em 2017 (destacado na cor rosa).



Fonte: DETER/ INPE, 2017 (Elaborado pelo autor).

Considerando a realidade climática um aspecto limitante quando se trata de captação de imagens ópticas, entende-se que as imagens de Radares orbitais são um importante recurso para o emprego das técnicas de sensoriamento remoto, uma vez que, por se tratar de um sistema ativo, realizam o imageamento dia/noite e apresentam uma excelente resolução temporal. Além disso, por operarem na região de microondas, não são afetadas por nuvens, fumaça, neblina, precipitações, permitindo a aquisição de dados em qualquer condição climática (NOVO, 2010). Ademais, possuem excelente resolução espacial e podem ser associadas às imagens ópticas, produzindo composições coloridas multisensores com resultados ainda mais claros e precisos (FLORENZANO, 2011). Nesse contexto, pode-se afirmar que as imagens de Radares orbitais são uma das únicas fontes de informações viáveis para realizar o imageamento sistemático de regiões de clima predominantemente úmido, como por exemplo, a região amazônica.

1.2 UMA VISÃO GERAL SOBRE AS IMAGENS DE RADARES ORBITAIS

Os Radares são sensores que utilizam fontes de radiação eletromagnética artificiais e, por esse motivo, são considerados sensores imageadores ativos. A sua principal vantagem em relação aos sensores imageadores ópticos é que, devido ao comprimento das suas microondas, as mesmas não são barradas ou absorvidas pelas micrométricas partículas ou gases da atmosfera. Essa condição permite obter imagens mesmo quando a cobertura de nuvens é total. Ainda, por se tratar de um sensor ativo, o imageamento pode ser feito em qualquer hora do dia ou da noite (MENESES; ALMEIDA, 2012).

As radiações eletromagnéticas emitidas pelos sensores ativos são classificadas por bandas e são identificadas por letras, de acordo com o comprimento das suas ondas. Mesmo se tratando de sensores ativos, quanto menor o comprimento da onda maior é o nível de interferência atmosférica a que ela está sujeita. O Quadro 1 apresenta uma relação das principais bandas e seus valores de comprimento de onda e frequência

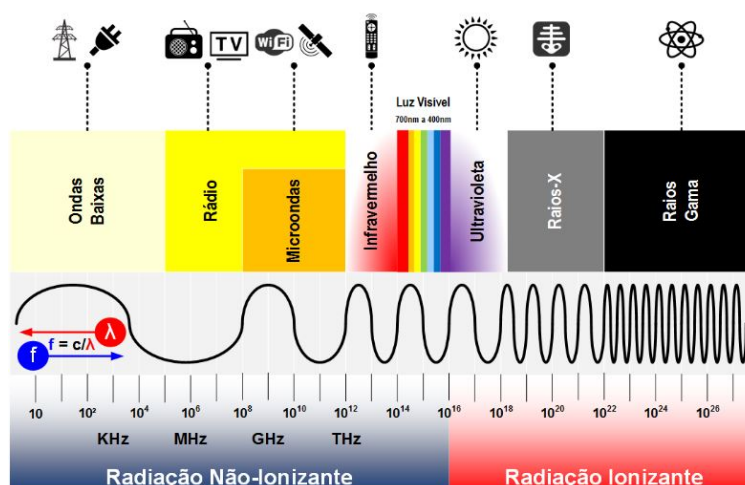
Quadro 1 - Características das bandas mais utilizadas em imageamentos por Radar.

BANDA	COMPRIMENTO DE ONDA	FREQUÊNCIA
X	2,4 – 3,8 cm	12,5 – 8 GHz
C	3,8 – 7,5 cm	8 – 4 GHz
S	7,5 – 15 cm	4 – 2 GHz
L	15 – 30 cm	2 – 1 GHz
P	30 – 100 cm	1 GHz – 300 MHz

Fonte: MENEZES; ALMEIDA, 2012 (Elaborado pelo autor).

As faixas de frequência apresentadas no Quadro 1 estão agrupadas na região das microondas do espectro eletromagnético, conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Faixas do espectro eletromagnético.



Fonte: LABCISCO, 2013.

Diferentemente da iluminação solar, que consiste no envio de radiações paralelas e contínuas de luz (*fótons*) sobre uma superfície, o Radar envia, por meio de uma antena, séries descontínuas de pulsos de *fótons* que se espalham sobre o terreno até atingir o alvo que está sendo iluminado, sendo então retroespalhado e retornando para a mesma antena que, nesse momento, torna-se receptora de sinais. Para cada pulso de retorno registrado é medido a sua intensidade e calculada a sua direção.

Para emitir esses pulsos de radiação eletromagnética, os Radares imageadores utilizam uma pequena antena retangular, que é fixada na lateral da aeronave ou do satélite e, por esse motivo, são chamados de Radares de visada lateral. Esse tipo de visada causa um registro de sinais no plano oblíquo e, por esse motivo causa uma deformação geométrica na imagem dos alvos, comprimindo ou achatando as formas dos objetos que se situam mais próximos à antena. Além desse, outros 02 (dois) tipos de distorções ocorrem devido a medida de distância dos objetos serem feitas no plano inclinado: o *layover* (inversão do terreno) e o *foreshortening* (encurtamento de rampa). Em todos esses casos, são necessário processamentos específicos para corrigir esse tipo de distorção.

A largura do feixe da antena que determina o tamanho da área imageada no terreno é controlada de duas maneiras: (i) pelo tamanho físico da antena, e nesse caso os Radares são chamados de Radar de Abertura Real (RAR), ou (ii) sintetizando o tamanho efetivo da antena em uma grande antena, que são os conhecidos Radares de Abertura Sintética (SAR).

Quando a antena do Radar emite um pulso de energia, o seu campo elétrico é controlado por um cristal polarizador que faz a onda vibrar em uma direção horizontal (H) ou vertical (V), assim, essa onda é chamada de polarizada. Da mesma forma, o retorno dessa onda pode ser registrado na horizontal (H) ou na vertical (V). Da combinação das polarizações de emissão e retorno, são determinadas as polarizações paralelas (HH, VV) e as polarizações cruzadas (VH, HV). Essas combinações definem a indicação de aplicação das imagens, por exemplo, a polarização HH é mais indicada para aplicação em superfícies terrestre, enquanto a VV é mais aconselhada para superfície do mar. Essas formas de imagens multipolarizadas (VV, HH, VH, HV) aumentam as chances de discriminação dos materiais em função das variações de rugosidade da superfície. Por exemplo, a vegetação, em particular, tende a mostrar diferentes respostas nas polarizações HH, HV (ou VH) e VV, por causa da despolarização da radiação eletromagnética pelos múltiplos retroespalhamentos dos galhos e folhas (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Outro aspecto importante para o imageamento a bordo de satélite, além da polarização da onda, refere-se à geometria de imageamento formada entre os ângulos de envio do pulso de

Radar e as direções e rugosidades das superfícies dos alvos. Fatores como direção de azimute, direção de visada, ângulos de depressão, ângulo de visada e ângulos de incidência local são variáveis técnicas que podem interferir na qualidade das informações fornecidas pela imagem. Nesse sentido, a presença de muitos alvos difusores, aleatoriamente distribuídos, podem interferir construtiva ou destrutivamente uns nos outros. A interferência destrutiva causa o cancelamento do sinal refletido e a interferência construtiva a sua soma, em ambos os casos, são verificadas distorções e variações súbitas na intensidade da imagem, evento que é denominado de ruído *Speckle*. Para o tratamento do ruído *Speckle* é necessária a aplicação de filtros específicos para esse fim, como por exemplo, *Lee*, *Frost*, *Gamma*, dentre outros.

As medidas das resoluções espaciais das imagens de Radar, essenciais para definição da sua qualidade, são controladas por 02 (dois) parâmetros independentes: (i) o comprimento do pulso, que é determinado pela duração de tempo que a antena emite os pulsos de energia; (ii) a largura angular do feixe do pulso enviado pela antena. Como são parâmetros independentes, cada um deles determina uma resolução espacial, havendo duas medidas de resoluções espaciais: uma na direção de alcance e outra na direção transversal ao lóbulo, que é a direção azimutal da linha de vôo. São, respectivamente, denominadas de resolução em alcance (*range*) e resolução azimutal. Na resolução em alcance calcula-se o comprimento do elemento de resolução e na resolução azimutal calcula-se a largura.

Para se ter uma melhor resolução azimutal é preciso que sejam utilizadas antenas bastante longas, com dezenas ou centenas de metros, o que é inviável de se alojar em aviões ou satélites. A solução foi encontrar uma maneira de simular grandes antenas em antenas pequenas, capazes de serem transportadas por qualquer tipo de plataforma. Disso, resultou a mudança da tecnologia dos Radares imageadores de abertura real (RAR) para os Radares de abertura sintética (SAR).

Os Radares de abertura sintética, que são a tecnologia hoje utilizada para todos os sistemas de Radares transportados em aviões ou satélites, empregam uma antena de tamanho físico pequeno que sintetiza uma antena de tamanho de centenas de metros.

Além disso, com a utilização de 02 (duas) antenas, com pequena diferença no ângulo de visada, os Radares orbitais são capazes de produzir modelos digitais de elevação, por meio de processo interferométrico (InSAR). Essas informações, cada dia mais requisitadas em sensoriamento remoto, podem ser usadas para diversos fins, dentre elas a construção de cartas topográficas e de modelos digitais em 3D.

Como pôde ser observado, as imagens de Radares orbitais são recursos tecnológicos muito completos e que estão cada dia mais disponíveis para fins profissionais e acadêmicos,

por outro lado, percebe-se que são necessários conhecimentos específicos para conseguir extrair informações qualificadas desse tipo de imagem. Por todo o contexto apresentado, entende-se como sendo fundamental que profissionais formados em cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente possuam a capacidade de extrair informações de imagens de Radares orbitais, por meio do emprego de técnicas de sensoriamento remoto, para subsidiar a elaboração de diagnósticos ambientais. Afinal, citando alguns exemplos de situações que justifiquem o emprego das técnicas de sensoriamento remoto: como realizar um levantamento ambiental de forma presencial, considerando-se a dificuldade de locomoção e de acesso em diversas regiões do país? Como realizar estudos ambientais e elaborar relatórios precisos sem a utilização de dados atualizados? Como propor medidas para recuperação de áreas degradadas, sem conhecer completamente a dimensão do problema? Como identificar e monitorar eventos dinâmicos, como queimadas, desmatamentos, alagamentos e atividades extrativistas, em áreas de clima úmido e de dimensões continentais?

Dessa forma, tomando como referência os exemplos anteriores, percebe-se que, além das imagens ópticas, as características técnicas das imagens de Radares orbitais as tornam propícias para aplicação no território brasileiro, principalmente no que diz respeito a sua indicação para análise de eventos dinâmicos, uma vez que são disponíveis de forma permanente durante todos os períodos do ano (JENSEN, 2009) e, por esse motivo, acredita-se que esses conteúdos devam estar inseridos nos Projetos Pedagógicos dos cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, uma vez que, muito provavelmente, os egressos desses cursos necessitarão dessa habilidade em algum momento de suas carreiras.

Na seção seguinte, será apresentado um panorama geral dessa temática no atual contexto do ensino sobre sensoriamento remoto.

1.3 CONTEXTO DO ENSINO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO

Considerando a demonstrada importância técnica da interpretação de imagens de Radares orbitais para os profissionais egressos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, entende-se que esse tema ainda é pouco abordado na graduação.

No Brasil, os cursos superiores, sejam eles de Bacharelado, Licenciatura ou Tecnologia, segundo o MEC, seguem a classificação internacional proposta pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), e, por esse motivo, são agrupados em 09 (nove) Áreas Gerais, que são as seguintes: Ciências, Matemática e Computação; Engenharia, Produção e Construção; Agricultura e Veterinária; Educação;

Humanidades e Artes; Ciências Sociais, Negócios e Direitos; Saúde e Bem-Estar Social; Serviços; Outros (BRASIL, 2018). No Quadro 2, observa-se que os cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente estão concentrados, principalmente, em 03 (três) dessas Áreas Gerais e, segundo o Censo do Ensino Superior, realizado no ano de 2018 pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), representam 1942 (Um mil, novecentos e quarenta e dois) cursos ativos no país (BRASIL, 2017).

Quadro 2 - Cursos Superiores Relacionados ao Meio Ambiente.

Área Geral	Nome dos Cursos
Ciências, Matemática e Computação	Ciências Biológicas, Saneamento Ambiental, Geofísica, Geografia, Geologia, Meteorologia, Oceanografia.
Engenharia, Produção e Construção	Engenharia Ambiental, Engenharia Geológica, Geoprocessamento, Engenharia de Minas, Extração de Petróleo e Gás, Engenharia de Petróleo, Tecnologia de Mineração, Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Cartográfica, Estradas.
Agricultura e Veterinária	Agronomia, Agroecologia, Engenharia Agrícola, Irrigação e Drenagem, Agronegócio, Cafeicultura, Produção de Grãos, Horticultura, Engenharia Florestal, Aquicultura, Engenharia de Pesca, Produção Pesqueira.

Fonte: Ministério da Educação, 2018 (Elaborado pelo autor).

Mesmo havendo uma diversidade de cursos relacionados ao Meio Ambiente (Quadro 2), os Referenciais Curriculares Nacionais dos Cursos de Bacharelado e Licenciatura, bem como Catálogo Nacional dos Cursos Superiores de Tecnologia, demonstram a existência de demandas comuns aos profissionais egressos desses cursos, dos quais, entre outras competências, espera-se a capacidade de confeccionar laudos, relatórios, planejamentos, realizar investigações, modelagens, simulações, monitoramentos, além de proporem soluções inovadoras, realizar investigações científicas e, principalmente, de aplicar recursos tecnológicos para dinamizar as tarefas relacionadas ao Meio Ambiente (BRASIL, 2010; BRASIL, 2016). Essas orientações e expectativas reforçam a percepção da necessidade desses estudantes serem capacitados a realizar diagnósticos ambientais apoiados por informações oriundas de imagens de Radars orbitais, empregando técnicas de sensoriamento remoto.

Uma avaliação diagnóstica, realizada por meio de uma pesquisa *ad hoc*, no período de maio a julho de 2018, buscou resposta sobre como esse tema estava sendo abordado nos cursos de graduação. Para isso, foi analisado um conjunto de conteúdos programáticos, contando com representação de todos os cursos superiores mencionados no Quadro 2,

totalizando 29 (vinte e nove) Projetos Pedagógicos de Curso (PPC) de relevantes instituições de ensino de todas as regiões do Brasil, os quais estão listados no Quadro 3.

Quadro 3 - Relação dos Projetos Pedagógicos de Curso analisados.

Curso	Instituição de Ensino Superior
Bacharelado em Agronomia	Universidade Federal de Viçosa
Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo	Universidade Federal do Amazonas
Bacharelado em Ciências Biológicas	Universidade de São Paulo
Bacharelado em Geofísica	Universidade Federal do Pampa
Bacharelado em Geologia	Universidade Federal do Amazonas
Bacharelado em Meteorologia	Universidade Federal de Pelotas
Bacharelado em Oceanografia	Universidade Federal de Santa Catarina
Engenharia Agrícola	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Engenharia Ambiental	Universidade Estadual de Campinas
Engenharia Cartográfica	Universidade Federal do Paraná
Engenharia Florestal	Universidade Federal do Oeste do Pará
Engenharia Geológica	Univ. Fed. Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Engenharia de Minas	Universidade Federal de Alfenas
Engenharia de Pesca	Universidade Federal do Ceará
Engenharia de Petróleo	Universidade Federal de Alagoas
Licenciatura em Geografia	Universidade Federal de Goiás
Tecnologia em Agroecologia	Universidade Federal do Recôncavo Baiano
Tecnologia em Agronegócio	Instituto Federal de São Paulo
Tecnologia em Aquicultura	Instituto Federal de Roraima
Tecnologia em Cafeicultura	Instituto Federal do Sul de Minas Gerais
Tecnologia em Estradas	Instituto Federal do Ceará
Tecnologia em Geoprocessamento	Universidade Federal de Pelotas
Tecnologia em Horticultura	Instituto Federal do Rio Grande do Sul
Tecnologia em Irrigação e Drenagem	Instituto Federal do Ceará
Tecnologia em Mineração	Universidade Federal do Pampa
Tecnologia Extração de Petróleo e Gás	Faculdade Metropolitana de Manaus
Tecnologia em Produção de Grãos	Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
Tecnologia em Produção Pesqueira	Universidade Estadual do Amazonas
Tecnologia em Saneamento Ambiental	Instituto Federal do Ceará

Fonte: Autoria própria.

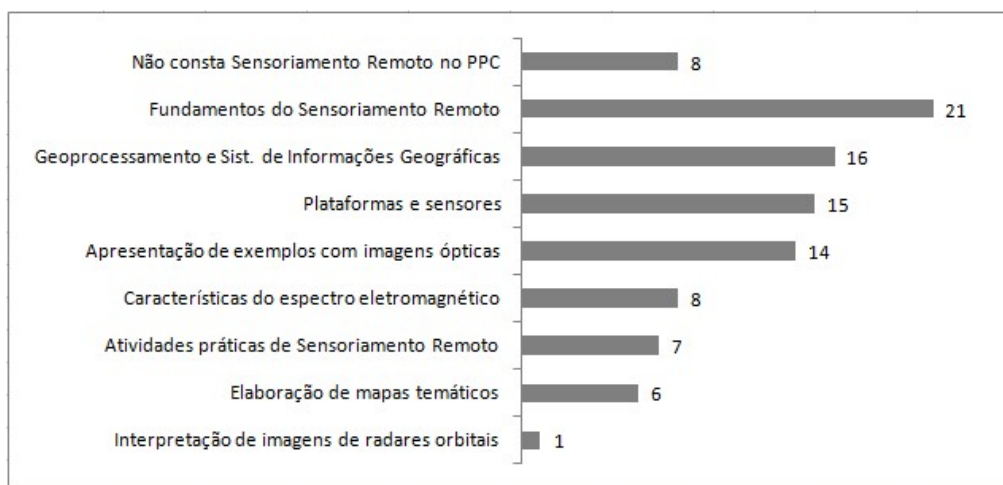
Foram encontradas evidências de que o tema 'sensoriamento remoto' é uma realidade nos cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, uma vez que esse assunto foi

identificado em 21 (vinte e um) dos 29 (vinte e nove) PPC analisados, inclusive em 16 (dezesesseis) deles no formato de disciplina obrigatória.

Todavia, essa pesquisa observou uma baixa incidência de menção ao ensino da interpretação de imagens de Radares orbitais, aproximando-se da ausência absoluta, uma vez que esse assunto foi identificado apenas no Projeto Pedagógico do Curso de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal de Pelotas, ainda assim, como conteúdo da disciplina optativa Sensoriamento Remoto Avançado. Nos demais cursos, esse assunto limita-se à apresentação dos tipos de sensores e análise teórica das características do espectro eletromagnético.

Ainda com relação aos resultados dessa pesquisa, destaca-se o baixo número de cursos que prevêem a aplicação de atividades práticas condizentes com situações reais de sensoriamento remoto, uma vez que apenas 07 (sete) PPC consideram a realização de análises além dos exemplos didáticos. A Figura 5 apresenta uma síntese da quantidade de cursos de graduação que possuem a previsão de ministrar cada um dos conteúdos identificados nos PPC analisados.

Figura 5 - Quantidade de cursos que ministrarão os conteúdos previstos nos PPC analisados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, em que pese o fato do ensino das técnicas de sensoriamento remoto ter se apresentado como uma realidade nos cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, foram observados indícios da existência de uma lacuna no ensino da interpretação de dados oriundos de sensores ativos, mais especificamente da análise de imagens geradas por Radares orbitais, recurso tecnicamente muito importante para subsidiar a elaboração de diagnósticos ambientais na maior parte do território brasileiro.

Os motivos dessa ausência, pode estar relacionada a diversos fatores, inclusive, à própria "juventude" da ciência do sensoriamento remoto. Sobre essa possibilidade, John Amadeus Wolter, em 1975, no livro *The emerging discipline of cartography*, apresentou um modelo daquilo que seria o ciclo de vida de uma disciplina científica. Esse modelo, que é composto por 04 (quatro) Estádios, considera desde a germinação de uma teoria como ciência até a sua superação por novos conceitos científicos. Nesse contexto, entende-se que a ciência do sensoriamento remoto ainda é uma ciência jovem e que estaria no Estádio 2 de desenvolvimento, ou seja, momento onde começa a haver um crescimento do número de publicações, surgem os grupos de colaboradores e as unidades de pesquisa *ad hoc* (JENSEN, 2009). Segundo Thomas Kuhn, em "Estrutura das Revoluções Científicas", esse seria o momento onde ocorre o ápice da aceitação dessa teoria e a agitação da comunidade científica (KUHN, 2000).

Consequentemente, as próprias discussões sobre o ensino dessa matéria ainda são incipientes e um exemplo disso pode ser observado nos anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Esse é um evento bienal organizado pelo INPE e que, desde 1978, objetiva congrega a comunidade técnico-científica para a apresentação de trabalhos e debates sobre as pesquisas, desenvolvimento tecnológico, ensino e a política científica realizados no Brasil e no mundo. Esse evento, que é o maior, mais antigo e mais importante realizado no país, encontra-se na sua 19ª edição (2019), porém, somente a partir da 10ª edição (2001) o tema Educação foi inserido em seus eixos temáticos. Ainda assim, na última edição desse evento, realizada em 2019 na cidade de Santos-SP, foram apresentados 924 (novecentos e vinte e quatro) trabalhos científicos e apenas 14 (quatorze) eram relacionados ao eixo temático Educação (INPE, 2019).

Quando considerado especificamente o emprego das imagens de Radares orbitais em atividades de ensino, constata-se que essa lacuna nas discussões científicas pode ser ainda maior. Realizando uma busca direta no *Google Acadêmico*, utilizando como critério de busca as palavras "ensino"+"Radar orbital", observa-se o retorno de apenas 14 (quatorze) resultados, sendo que a maioria deles tratando de aplicações a nível de pesquisa, não havendo qualquer relação direta com a sua aplicação em ensino.

Os autores divergem sobre os motivos dessa lacuna no ensino superior. Alguns atribuem essa lacuna a falta de insumos e ao alto custo para aquisição de imagens. Outros entendem que a inserção de novas tecnologias no ensino é dificultada pela falta de estrutura computacional adequada nos estabelecimentos de ensino brasileiros (DI MAIO et al., 2009). Ainda existem aqueles que entendem que o motivo dessa lacuna estaria relacionado a uma

suposta deficiência na formação e na capacitação dos professores (RIBEIRO, 2018). Esse último aspecto também é considerado por alguns pesquisadores, pois, tomando como exemplo o Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), um dos mais tradicionais do país, o ensino da temática 'sensoriamento remoto por Radar' não é abordado nas disciplinas regulares, mas somente como um Tópico Especial². Ainda, estima-se que 1/3 dos alunos egressos dessa Especialização têm sua dedicação continuada na Academia, atuando como professores dessa disciplina no âmbito do ensino superior e, possivelmente, dentre outros aspectos, pelas características da sua formação, contribuindo para a falta de espaço dedicado ao ensino da interpretação de imagens de Radar (SILVA, 2019).

Há de se considerar também o fato das imagens de Radares orbitais serem um recurso tecnológico recente, o que pode ser constatado quando leva-se em conta que a primeira missão espacial é datada de 1978 (PARADELLA et al., 2015) e que o acesso a esse tipo de imagem tornou-se sistematicamente disponível apenas nos últimos anos, principalmente a partir de 2014, após o lançamento das missões Sentinel 1A e 1B pela Agência Espacial Europeia (ESA/Sentinel Online, 2018). Além disso, não se pode ignorar o fato da interpretação de imagens de satélite, sejam elas ópticas ou Radar, necessitar do emprego de *softwares* específicos, uma vez que existem ressalvas quanto a utilização de ferramentas que não garantam padrões de precisão cartográfica.

Em que pese as dificuldades mencionadas anteriormente, o cenário atual é amplamente favorável a inserção do ensino da análise e interpretação de imagens geradas por Radares orbitais nos PPC dos cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente. Tecnicamente, conforme apresentado no início deste capítulo, é clara a importância e a necessidade dessa competência para os profissionais egressos desses cursos de graduação.

Do ponto de vista financeiro, registra-se uma crescente disponibilização de recursos geotecnológicos e insumos gratuitos para aplicação em atividades profissionais e acadêmicas, aspecto importante considerando o contexto educacional brasileiro. São exemplos de *softwares* livres: *QGIS*, *gvGIS*, *Grass GIS*, *SPRING*, *Udig*, *Terra View*, *SAGA GIS*, *SOPI*, *DIVA GIS*, *OpenJUMP GIS*, *VisualSIG* e *Kosmo GIS*. Dentre essas opções, destaca-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) *QGIS*, pois, além de ser uma ferramenta SIG gratuita, multiplataforma e bastante difundida no Brasil, é um *software* de geoprocessamento

² Informação apresentada em slide, pela Profª Drª Tatiana Silva da Silva, durante a palestra "A atuação do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da UFRGS em iniciativas de interesse social", realizada no XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, em Santos-SP, em 14 de abril de 2019.

considerado robusto e adequado para aplicações acadêmicas e profissionais (GEOAPLICADA, 2018). Outra tendência é a disponibilização de ferramentas desenvolvidas pelos próprios órgãos administradores dos programas espaciais. Como exemplo, pode-se mencionar o Sistema de Processamento Digital de Imagens *Sentinel Application Platform* (SNAP), *software* gratuito e multiplataforma disponibilizado pela Agência Espacial Européia para processamento e análise das imagens da missão Sentinel. O custo elevado das imagens de Radares orbitais, que até pouco tempo era um grande obstáculo para utilização desse recurso tecnológico nos cursos de graduação, foi minimizado após a Agência Espacial Europeia disponibilizar, de forma gratuita e ilimitada, para fins profissionais e acadêmicos, as imagens de Radar da missão Sentinel-1 em seu repositório oficial (ESA/Sentinel Online, 2018). Além dessa, todas as geotecnologias mencionadas anteriormente podem ser obtidas gratuitamente em repositórios oficiais, conforme é demonstrado no Quadro 4, e essa estrutura pode ser configurada em um computador convencional, *desktop* ou portátil, sem a necessidade da utilização de equipamentos especiais.

Quadro 4: Repositórios de recursos para atividade de sensoriamento remoto.

Recursos	Descrição	Fonte
QGIS	Sistema de Informação Geográfica	www.qgis.org
<i>Spring</i>	Sistema de Informação Geográfica	www.dpi.inpe.br/spring
SNAP	Plataforma para Tratamento de Imagens de Radar	step.esa.int/main/download
Catálogo de Imagens do INPE	Repositório de imagens dos satélites <i>Aqua</i> , <i>Terra</i> , <i>S-NPP</i> , <i>UK-DMC-2</i> , <i>Landsat</i> , <i>CBERS</i> , <i>Resourcesat</i>	www.dpi.inpe.br/CDSR
Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS)	Repositório de imagens ópticas e Radar de diversos satélites	earthexplorer.usgs.gov
Agência Espacial Européia (ESA)	Repositório das imagens ópticas e Radar da missão Sentinel	scihub.copernicus.eu/dhus

Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerando essa gama de possibilidades, o aspecto didático apresenta alguns desafios a serem superados pelo ensino. Atualmente, os professores dos cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente encontram algumas dificuldades para ensinar a interpretação das imagens de Radares orbitais, primeiramente, porque boa parte deles não receberam esse conteúdo em suas formações e, também, devido à escassez e ao custo elevado desse tipo de curso na formação continuada dos professores. Essa dificuldade também faz parte da

realidade dos analistas profissionais, os quais necessitam recorrer a tutoriais e fóruns de debates na *Internet* para aprimorarem seus conhecimentos. A Agência Espacial Europeia disponibiliza, esporadicamente, um curso gratuito sobre processamento de imagens de Radares orbitais, mais especificamente das imagens dos satélites Sentinel-1 e trechos dessas videoaulas, em inglês, foram disponibilizadas no *Youtube*, sendo uma das únicas fontes de consulta gratuitas sobre o assunto.

Outro desafio importante refere-se à disponibilidade de material didático, pois, por muitos anos, não havia no Brasil nenhuma publicação sobre sensoriamento remoto em português. Uma das primeiras publicações, senão a primeira sobre esse tema, é de Evelyn Moraes Novo - Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações (1989), a qual permaneceu por um longo período como uma das únicas publicações em português. Esse fato caracteriza uma defasagem histórica, principalmente se considerar que os primeiros satélites imageadores são do início da década de 1970. Ainda mais significativo é constatar que novas publicações em português somente ocorreram após o ano 2000 (CARVALHO; CRUZ; ROCHA, 2004). No caso das publicações didáticas para interpretação de imageamento por Radares orbitais, essa realidade é ainda mais desfavorável, uma vez que essa tecnologia foi inventada somente na década de 1940 e a primeira missão a ser colocada em órbita foi o *SEASAT* (NASA/EUA) em 1978 (PARADELLA et al., 2015). Sobre esse tema, as poucas publicações especializadas e escritas no idioma português tratam de conteúdos técnicos e teóricos, sendo desconhecida, por parte do autor desta pesquisa, a existência de publicação didática em português destinada ao ensino do processamento e interpretação de imagens de Radar Sentinel-1.

Sobre esse assunto, com relação às iniciativas educacionais baseadas nos referenciais teóricos propostos nesta pesquisa, observa-se que a adoção das metodologias ativas para ensino das geotecnologias, ou seja, tecnologias utilizadas para realizar a coleta, o processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica, é uma tendência que está se tornando uma realidade no contexto educacional brasileiro. Como exemplo, pode-se citar o projeto Geotecnologias Digitais no Ensino (GEODEN), que é um projeto da Universidade Federal Fluminense (UFF) e que tem por objetivo introduzir as geotecnologias no ensino de assuntos relacionados ao Ensino Fundamental (astronomia, cartografia básica e temática, sensoriamento remoto, etc.) e Ensino Médio (vegetação, ocupação urbana, meteorologia, etc.) nas escolas públicas (GEODEN, 2019).

Nessa mesma perspectiva, desde 2008, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolve um projeto onde crianças do Ensino Fundamental e Médio, utilizando ferramentas de geotecnologia, constroem o Atlas Escolar da Região Metropolitana

de Campinas. Esse trabalho, além de fomentar uma escola ativa e crítica, proporciona a produção efetiva de conhecimento e não somente a reprodução de informações e conteúdos distantes da realidade dos alunos, despertando-lhes o sentimento de pertencimento e cidadania (CRISCUOLO; GREGO; RODRIGUES, 2019).

A própria Agência Espacial Brasileira (AEB) estimula a inserção de atividades *hands-on learning* (aprendizagem prática) no contexto escolar, principalmente para o ensino de tecnologias espaciais. Nesse sentido, desde 2016, promove olimpíadas escolares e realiza *workshops* em todas as regiões do Brasil, capacitando e estimulando professores da rede pública e particular a participarem do programa *Global Learning and Observations to Benefit the Environment* (GLOBE) da NASA, o qual motiva a participação de estudantes, professores e cientistas na coleta de dados ambientais e estudos científicos, contribuindo para a compreensão do Meio Ambiente em escala local, regional e global (AEB, 2019).

Ainda sobre a capacitação de professores para uso escolar do sensoriamento remoto do Meio Ambiente, anualmente, o Departamento de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSR/INPE) promove um curso presencial com a finalidade de disseminar o conhecimento de tecnologias espaciais para professores da Educação Básica, visando o seu uso como conteúdo e recurso didático no processo de ensino e aprendizagem (DSR/INPE, 2019).

Como pode-se observar, não são raras as iniciativas de inserção das geotecnologias e atividades práticas de sensoriamento remoto no ensino, porém, verifica-se que as mesmas estão predominantemente voltadas para professores e alunos Educação Básica. Nesta pesquisa, não foi identificado nenhum programa ou projeto que previsse o emprego de imagens de Radares orbitais em suas atividades de ensino, tão pouco, referenciais didáticos que os auxiliassem a fazê-lo, seja na Educação Básica ou Superior.

Diante desse cenário, considerando a importância do assunto e os desafios mencionados anteriormente, entende-se haver a necessidade do desenvolvimento de conteúdos didáticos, baseados em metodologias ativas, que auxiliem os professores a capacitarem seus alunos para a elaboração de diagnósticos ambientais com apoio de imagens de Radar Sentinel-1, em cursos de graduação relacionados ao Meio Ambiente. Essas metodologias serão apresentadas nas seções seguintes.

1.4 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (ABP)

A ABP pode ser compreendida como uma metodologia ativa de ensino-aprendizagem na qual os estudantes integram diferentes conhecimentos e habilidades a fim de desenvolver um projeto. ABP tem sido utilizada em muitas instituições ao redor do mundo e seus resultados apontam que, além de melhorar a frequência e a participação dos alunos nas aulas, proporciona o desenvolvimento de habilidades e diversos outros atributos, como confiança, liderança, lógica e visão crítica (I9AÇÃO, 2018). Na ABP, os alunos analisam problemas do mundo real e, de maneira individual ou colaborativa, decidem qual a forma mais significativa de abordá-los em busca de soluções. Para que esse ensino seja mais interessante, procura-se promover a aplicação de problemas, tarefas e questões que sejam altamente motivadoras e significativas para os alunos (BENDER, 2014).

Os trabalhos em grupo são parte importante dessa aprendizagem. Nessas atividades, as tarefas e os grupos são divididos de forma equivalente, buscando explorar as melhores características de cada aluno. Devido a essa autonomia e participação coletiva, as questões não possuem uma resposta única e admi-se o surgimento de soluções variadas para cada problema.

Metodologicamente, a Aprendizagem Baseada em Projetos parte de uma âncora que é utilizada para contextualizar o projeto e despertar o interesse dos alunos para buscar solução para o mesmo. A âncora pode ser apresentada de diferentes formas, como por exemplo, vídeo, matéria de jornal, apresentação textual do problema, entre outros. Relacionada a âncora, há as questões motrizes, que podem ser entendidas como o foco principal da experiência com ABP, pois para desenvolver o projeto, os alunos precisam encontrar respostas para estas questões. Ao longo da resolução ou desenvolvimento do projeto, os alunos devem produzir um ou mais artefatos, que devem ser entendidos como produtos do trabalho dos alunos para responder as questões motrizes, podendo ser materializado na forma de uma maquete, um vídeo, *podcasts*, demonstrações gráficas, entre outras. É importante que exista a participação ativa do aluno, que contribuirá com a escolha das questões e atividades a serem realizadas. Essa participação é fundamental para a dinâmica de ensino dos conteúdos.

Assim, iniciam-se os processos científicos para investigação e pesquisa, onde atividades e processos, que não estavam previstos nas questões iniciais, surgem naturalmente dentro do projeto pela ação direta dos alunos. Nesse ponto, o professor passa a atuar predominantemente como um orientador e, nesse sentido, passa a estimular a cooperação, o

trabalho em equipe e a reflexão dos alunos. Ao final, todos recebem o *feedback* de suas investigações e os resultados são apresentados publicamente.

A opção pela ABP está pautada no entendimento de que os projetos práticos podem funcionar como elementos catalisadores para a aprendizagem. Esse pensamento parte do pressuposto de que, por meio da solução de problemas reais, contextualizados com a realidade dos alunos, incentiva-se o desenvolvimento do espírito crítico e do interesse por parte dos estudantes. Além disso, acredita-se que essa metodologia de ensino incentiva o desenvolvimento intelectual autônomo dos alunos, ao mesmo tempo que promove as relações coletivas e o espírito de grupo.

A aprendizagem motivada pela solução de problemas práticos, contextualizados com o cotidiano do público-alvo em questão, é um aspecto importante não apenas no contexto educacional, como também em diversos outros segmentos profissionais, como, por exemplo, o esporte. Recentemente, Mano Menezes, ex-técnico da Seleção Brasileira de futebol, declarou, em entrevista ao programa Bem Amigos! do canal *SporTV*, que os treinamentos para as categorias de base deixaram de ser realizados por repetição e passaram a ser por adaptação. Nesse novo contexto, os jogadores assimilam as estratégias propostas pela comissão técnica por meio de situações-problema apresentadas nos treinamentos. Segundo o treinador, tanto nos treinamentos, como no campo de jogo, os jogadores devem ter a capacidade de observar um problema e apresentar soluções para resolvê-lo (MENEZES, 2019). Na ABP, segundo Bender (2014), projetos e problemas podem ser entendidos como sinônimos.

Para administração dos conteúdos e resolução dos projetos, esta proposta de ensino-aprendizagem foi idealizada no modelo de Sala de Aula Invertida, conforme detalhado a seguir.

1.5 MODELO DE SALA DE AULA INVERTIDA

Para a melhor compreensão do modelo de Sala de Aula Invertida, deve-se primeiramente entender o conceito de Ensino Híbrido. Atribui-se esse nome a qualquer programa educacional formal no qual um estudante aprende, pelo menos em parte, por meio do ensino *on-line*, com algum elemento de controle sobre o tempo, o lugar, o caminho e/ou ritmo (CHRINSTENSEN; HORN; STAKER, 2015) e, em parte, pelo ensino presencial. Assim, o ensino híbrido combina o ensino presencial e *on-line*.

Ainda segundo esses autores, os modelos híbridos podem ser: disruptivos, que se baseiam predominantemente em conteúdos *on-line*, abdicando quase que totalmente do modelo tradicional, ou serem sustentados, onde as atividades tradicionais e *on-line* coexistem, associando o melhor de cada uma, como exemplo, o modelo de Sala de Aula Invertida. Esse modelo, idealizado por Bergmann e Sans em 2006, inicialmente, destinou-se a distribuição *on-line* de conteúdos em vídeo para alunos que precisavam faltar às aulas. Posteriormente, esses conteúdos foram adotados inclusive pelos alunos que não faltavam às aulas, contribuindo para a melhoria da aprendizagem dos mesmos. Com isso, esses professores resolveram gravar todas as suas aulas em vídeo e aprimorar esse modelo de ensino para que outros professores pudessem replicá-lo em suas aulas (OLIVEIRA, 2018).

No modelo de Sala de Aula Invertida, a rotação ocorre entre a prática presencial, supervisionada pelo professor em sala de aula e a administração de pequenos conteúdos *on-line*, ministrados fora da escola. Esses conteúdos, que podem ser vídeos, tutoriais, apostilas, dentre outros formatos, devem ser intuitivos e atraentes, não ultrapassando 15 (quinze) minutos (OLIVEIRA, 2018). Além disso, recomenda-se que os alunos participem e contribuam para a definição da tecnologia (*e-mail*, *Youtube*, *Google Classroom*, etc.) a ser utilizada nesse modelo de ensino.

Recomenda-se que os conteúdos *on-line* contribuam para a solução dos projetos desenvolvidos pelos alunos, fixando os conteúdos ministrados em sala de aula ou preparando os estudantes para as atividades das aulas seguintes. A opção por esse modelo de ensino está pautada na sua capacidade de construção e aplicação fluida de planos individuais de aprendizado, bem como de incentivar o desenvolvimento autônomo dos alunos.

Esta proposta de ensino-aprendizagem teve seu planejamento de ensino orientado pelo Alinhamento Construtivo de Biggs e Tang (2011 apud MENDONÇA, 2015) e essas orientações são apresentadas na seção seguinte.

1.6 ALINHAMENTO CONSTRUTIVO

O Alinhamento tem suas origens no Construtivismo, que está assentado numa perspectiva de planejar de modo a colocar o aluno no centro do ensino, aprendendo de forma ativa. Assim, o Alinhamento Construtivo fornece orientações de atividades de ensino e aprendizagem, bem como avaliações, baseado-se nos resultados de aprendizagem que se pretende obter (BIGGS; TANG, 2011 apud MENDONÇA, 2015).

Por esse motivo, tendo em vista essa perspectiva de ensino focada no aluno, bem como a adequação dessas orientações à implementação de metodologias ativas, o Alinhamento Construtivo foi escolhido como guia para elaboração do Plano de Ensino (Apêndice), bem como para a organização dos conteúdos selecionados nesta proposta de ensino-aprendizagem.

Segundo Biggs e Tang (2011 apud MENDONÇA, 2015), ao pensar em Alinhamento Construtivo, deve-se levar em consideração aquilo que os professores fazem para promover a aprendizagem, bem como, aquilo que os alunos fazem para aprender e promover sua própria aprendizagem. Dessa forma, pode-se concluir que, para que haja um alinhamento construtivo das atividades, devem ser estabelecidos os resultados pretendidos, as atividades de ensino e aprendizagem, bem como a forma de avaliação.

Sobre os resultados pretendidos da aprendizagem (RPA), devem ser estipulados objetivos tão concretos quanto possível, evitando-se a definição de resultados abstratos, como, por exemplo, entender ou compreender, a fim possibilitar a mensuração dos níveis de ação que são requeridos dos estudantes.

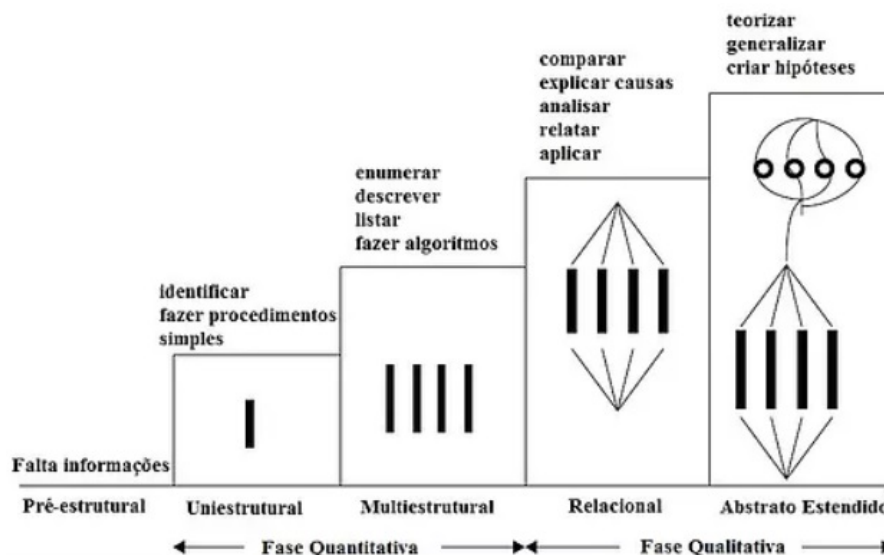
Com base nos resultados pretendidos da aprendizagem (RPA), devem ser projetadas as atividades de ensino e aprendizagem (AEA) que capacitem os alunos a executar as ações previstas nesses RPA. É fundamental que essas atividades sejam planejadas de modo que os estudantes tenham o incentivo necessário para alcançar o nível cognitivo que os objetivos requerem (BIGGS; TANG, 2011 apud MENDONÇA, 2015).

Por fim, devem ser planejadas as tarefas de avaliação (TA), as quais devem ser capazes de mensurar quão bem os alunos atingiram os resultados pretendidos da aprendizagem. Neste trabalho, adotou-se rubricas, que são conjuntos de critérios que permitem ao professor avaliar o estudante, não somente quanto à aprendizagem, mas também com relação a aspectos comportamentais, como motivação e participação. Esses critérios devem ser claros e apropriados, a fim de permitir que os trabalhos realizados pelos alunos possam ser avaliados e classificados segundo níveis de desempenho (BROOKHART, 2013 apud MENDONÇA; COELHO, 2018). Entende-se que esse instrumento, além de auxiliar a manutenção da estabilidade e a confiança na correção das TA, por meio de *feedbacks*, colabora para que os alunos entendam suas notas e compreendam os pontos que devem evoluir para alcançar um melhor desempenho (BIGGS; TANG, 2011 apud MENDONÇA; COELHO, 2018).

Biggs e Tang (2011 apud MENDONÇA, 2015) orientam que para o estabelecimento dos resultados pretendidos da aprendizagem e o seu alinhamento com as atividades de ensino

e aprendizagem, sejam guiadas por uma taxonomia, como, por exemplo, a taxonomia SOLO, apresentada na Figura 6.

Figura 6 - Taxonomia SOLO



Fonte: BIGGS; TANG, 2011 apud MENDONÇA, 2015.

No capítulo seguinte é apresentada a proposta de ensino-aprendizagem para capacitar graduandos e profissionais recém formados em cursos superiores na área de Meio Ambiente a extraírem informações de imagens de Radar Sentinel-1 para apoiar a elaboração de diagnósticos ambientais.

2 PROPOSTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM PARA ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS COM APOIO DE IMAGENS DE RADAR SENTINEL-1

Essa proposta de ensino-aprendizagem está pautada nos referenciais teóricos descritos no capítulo anterior e foi organizada em módulos, cada um integrando conteúdos, projetos práticos, tecnologias de geoprocessamento e dinâmica de ensino para sua efetivação em sala de aula.

Assim sendo, neste capítulo, estão apresentados os aspectos originais dessa proposta de ensino-aprendizagem. No decorrer desta pesquisa, bem como após o processo de avaliação do produto educacional, verificou-se a necessidade de serem realizados alguns ajustes nessa proposta, porém, essas alterações e as suas justificativas serão apresentadas somente no Capítulo 4.

2.1 RESULTADOS PRETENDIDOS DA APRENDIZAGEM (RPA)

Considerando o objetivo da proposta de ensino-aprendizagem, as características técnicas da atividade de sensoriamento remoto por imagem de Radar orbital e o perfil do público-alvo em questão, foram estabelecidos os seguintes resultados pretendidos da aprendizagem: IDENTIFICAR as ferramentas básicas de um SIG e as principais características técnicas de uma imagem de Radar Sentinel-1; PROCESSAR uma imagem de Radar Sentinel-1; INTERPRETAR uma imagem de Radar Sentinel-1 para subsidiar na elaboração de diagnósticos ambientais.

2.2 CONTEÚDO TEÓRICO E CARGA HORÁRIA

O conteúdo teórico que compõe esta proposta de ensino-aprendizagem foi fundamentado na bibliografia apresentada no Quadro 5. A seleção dos assuntos, bem como a elaboração de problemas contextualizados com a realidade dos alunos, foi realizada com base na experiência prática do pesquisador em atividades de sensoriamento remoto, associada às contribuições recebidas de analistas de imagens do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), órgão federal responsável por promover a proteção e o desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal. Por fim, a elaboração das atividades

práticas utilizando o *software* SNAP foi inspirada nas análises ensinadas no curso *Echoes in space: Introduction to Radar Remote Sensing - EO College* da Agência Espacial Europeia.

Quadro 5: Bibliografia que fundamentou o conteúdo teórico proposto.

OBRA	AUTOR
Iniciação em Sensoriamento Remoto	Teresa Gallotti Florenzano (2011)
Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto	Álvaro Penteado Crósta (1992)
Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações	Evelyn M. L. de Moraes Novo (2010)
Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em Recursos Terrestres	John R. Jensen (2009)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Essa proposta de ensino-aprendizagem foi elaborada considerando uma carga horária de 30 horas (20 horas de ensino presencial e 10 horas de estudo autônomo) e, para melhorar assimilação por parte dos alunos, o conteúdo proposto foi organizado em módulos, os quais estão descritos no Quadro 6.

Quadro 6 -Apresentação dos módulos, conteúdos e carga horária

MÓDULO I - "Sorria, você está sendo filmado!"	06 hs
<u>CONTEÚDO:</u> - Conceitos básicos de Sensoriamento Remoto (plataformas, sensores, resoluções, coordenadas geográficas, projeções, etc.); - Características de um Sistemas de Informações Geográfica (SIG). <u>TECNOLOGIAS:</u> - QGIS; - Imagens ópticas Landsat 8.	
MÓDULO II - "A beleza é efêmera!"	08 hs
<u>CONTEÚDO:</u> - Obtenção de imagens ópticas (séries temporais, missões espaciais, tipos de imagem, órbita/ponto, buscas por localização, seleção por critérios adicionais, informações contidas no nome das imagens); - Utilização do Sistema de Informações Geográfica (configuração inicial, abrir e salvar arquivos, criar projetos, realizar composições RGB, diferenciar dados <i>raster</i> e vetoriais, criar camadas, construir de polígonos, calcular áreas, analisar estatísticas, editar uma tabela de atributos, alterar estilos e transparências, construir mosaicos, criar funções matemáticas e definir projeções geográficas). <u>TECNOLOGIAS:</u> - QGIS; - Imagens ópticas Landsat 8.	

Quadro 6 -Apresentação dos módulos, conteúdos e carga horária (continuação).

MÓDULO III - "Em terra de cego, quem tem um olho é rei!"	08 hs
<u>CONTEÚDO:</u> - Obtenção de imagens de Radar Sentinel-1; - Operação do Sistema de Processamento Digital de Imagens SNAP (abrir arquivos, importar vetores, recortar imagens, realizar a correção radiométrica, a correção do terreno, a criação de pilha, a criação de bandas <i>dB</i> , a composição RGB, exportar arquivos georreferenciados). <u>TECNOLOGIAS:</u> - <i>Sentinel Application Platform</i> (SNAP); - Imagens de Radar Sentinel-1.	
MÓDULO IV - "Faça você mesmo!"	08 hs
<u>CONTEÚDO:</u> - Problemas sobre desmatamento, extração mineral em leito de rio e áreas alagadas. <u>TECNOLOGIAS:</u> - QGIS; - <i>Sentinel Application Platform</i> (SNAP); - Imagens de Radar Sentinel-1.	

Fonte: Autoria própria.

Conforme demonstrado no Quadro 6, com a finalidade de organizar o conteúdo proposto, os módulos foram planejados conforme descritos nas subseções seguintes.

2.2.1 Módulo I

O objetivo principal do primeiro módulo, intitulado "Sorria, você está sendo filmado!", além das informações introdutórias, é apresentar aos alunos as características das imagens de Radares orbitais, sua importância, aplicações e, principalmente, as diferenças entre elas e as imagens ópticas, motivando-os a querer saber extrair informações de um recurso aparentemente tão complicado. Esse conteúdo inicial, que pode ser adaptado à realidade de cada professor, deve conter ao menos os seguintes temas: conceitos básicos de sensoriamento remoto (plataformas, sensores, resoluções, coordenadas geográficas, projeções, etc.), características de um Sistemas de Informações Geográfica (SIG).

Neste primeiro módulo, as atividades de estudo autônomo trazem tarefas contendo orientações para a criação de conta nos repositórios de imagens ópticas, pequenos conteúdos didáticos (vídeos, tutoriais, cartilhas, etc.) sobre o QGIS e outros elementos que sejam relevantes nesta etapa da aplicação.

2.2.2 Módulo II

No segundo módulo, intitulado "A beleza é efêmera!", por demonstrar a fragilidade da beleza das imagens ópticas, ocorre o aprofundamento do conteúdo relacionado à obtenção e análise de imagens ópticas, além da utilização do *software* de geoprocessamento. Devem ser abordados, ao menos, os seguintes temas: a) com relação à obtenção de imagens: a identificação de séries temporais, as missões espaciais, os tipos de imagem, as órbita/ponto, as buscas por localização, a seleção por critérios adicionais, as informações contidas no nome da imagem; b) com relação ao *software* de geoprocessamento: a configuração inicial do *software*, abrir e salvar arquivos, criar projetos, realizar composições RGB, diferenciar dados *raster* e vetoriais, criar camadas, construir de polígonos, calcular áreas, analisar estatísticas, editar uma tabela de atributos, alterar estilos e transparências, construir mosaicos, criar funções matemáticas e definir projeções geográficas.

Para o estudo autônomo, recomenda-se a utilização de encaminhamentos que contenham orientações para baixar, instalar e configurar os *softwares* utilizados neste módulo e baixar, descompactar e manipular imagens ópticas. Além disso, iniciam-se as orientações para criação de conta nos repositórios de imagens de Radar.

2.2.3 Módulo III

No terceiro módulo, intitulado "Em terra de cego, quem tem um olho é rei!", por demonstrar a importância de saber interpretar imagens de Radares orbitais em determinadas situações meteorológicas, os alunos começam a trabalhar com as imagens de Radar e, por esse motivo, são apresentadas, além das características técnicas específicas dos sensores ativos, o procedimento para obtenção e processamento dessas imagens. Assim, dentre outros conteúdos a cargo de cada professor, deve-se abordar os seguintes temas: seleção e obtenção de imagens, abrir arquivos no *software* de processamento de imagens de Radar, importar vetores, recortar imagens Radar, realizar a correção radiométrica, a correção do terreno, a criação de pilha, a criação de bandas *dB*, a composição RGB, manipular camadas e exportar arquivos georreferenciados. Esta proposta de ensino-aprendizagem contempla, exclusivamente, o ensino da análise visual de imagens de Radar Sentinel-1, portanto, não está prevista a abordagem de processos de classificação automática.

Nos encaminhamentos para estudo autônomo, devem ser distribuídas orientações para instalar o *software* e baixar imagens de Radar, além de material complementar (vídeos, apostilas, tutoriais, etc.) sobre processamento desse tipo de imagem.

2.2.4 Módulo IV

No Módulo IV, intitulado "Faça você mesmo!", os alunos são desafiados a resolver problemas que integram os conteúdos ensinados nos módulos anteriores.

2.3 PROJETOS BASEADOS EM PROBLEMAS REAIS

Para que a aprendizagem seja significativa e motivadora, a proposta baseia-se em problemas reais e condizentes com o cotidiano dos alunos. Dessa forma, tendo em vista a carga horária prevista, esta proposta traz problemas sobre temas importantes e abrangentes, cujas técnicas de pré-processamento, processamento e interpretação de imagem podem ser replicadas para o estudo de outros eventos. Por exemplo: o tratamento de imagem realizado para análise de um desmatamento (extração vegetal), também pode ser utilizado para analisar uma área devastada por queimada; do tratamento de imagem realizado para análise de uma extração mineral em leito de rio também pode-se analisar um processo de alteração de curso de rio; do tratamento de imagem realizado para análise de uma área alagada também pode-se analisar os impactos de um represamento e assim por diante. Além disso, é importante que os atores dos problemas propostos representem diferentes carreiras profissionais que se utilizam das informações obtidas por meio de sensoriamento remoto, exemplo, IBAMA, ICMBio, DNP, Defesa Civil, Polícia Federal, etc. O Quadro 7 apresenta um exemplo de problema real, contextualizado com a realidade e a carreira dos estudantes.

Quadro 7 - Exemplo de problema real e contextualizado.

Contextualização: (situação hipotética)	O IBAMA recebeu uma denúncia de um morador de Apuí-AM relatando uma possível extração ilegal de madeira e desmatamento de corte raso na região norte da Floresta Nacional do Jutua. Segundo o relato, nos últimos meses, os madeireiros teriam voltado a atuar naquela área e estariam aproveitando um trecho trafegável da BR-230/Transamazônica para escoar ilegalmente a madeira. Por fim, informou que ação de grupos armados estaria impedindo a aproximação e o trabalho de fiscais naquela região. A sua equipe, composta por Agentes de Fiscalização Ambiental do IBAMA, foi acionada para analisar a denúncia e confeccionar um relatório. Tendo em vista a dificuldade de aproximação no local, essa análise deverá ser realizada por meio de um conjunto de imagens previamente recebidas.
---	---

Quadro 7 - Exemplo de problema real e contextualizado (continuação).

Questões do Relatório:	1 - Com base nas imagens analisadas, pode-se concluir que ocorreu desmatamento no último ano naquela região? Como você chegou a essa conclusão? 2 - Com base nas imagens analisadas, a área desmatada aumentou quantos Km ² ? 3 - Descreva detalhadamente quais foram as técnicas e os recursos utilizados para chegar a essa conclusão, justificando o emprego de cada um deles.
Imagens fornecidas:	01 – imagem de Radar da região em questão de 2017 01 – imagem de Radar da região em questão de 2018
Tipo de execução:	Autônoma em Grupo

Fonte: Autoria própria.

É importante que os alunos tenham a liberdade de decidir quais serão os recursos tecnológicos necessários e a melhor maneira de solucionar os problemas propostos. As tarefas devem possuir uma resposta correta, porém, sem solução única. Eventualmente, tendo em vista o objetivo principal do curso, algumas questões motrizes ou recursos disponibilizados podem, propositalmente, induzir os alunos a necessariamente empregar as imagens de Radar para solucionar os problemas. Por fim, sugere-se a aplicação de uma rubrica para avaliar os níveis de entendimento alcançados, tomando como referência a Taxonomia SOLO.

2.4 ROTEIROS DE APRENDIZAGEM

Para a orientação das tarefas realizadas fora da sala de aula, devem ser utilizados Roteiros de Aprendizagem. Esse é um instrumento elaborado e planejado pelo professor a fim de guiar o estudo dos alunos, contribuindo para que os mesmos desenvolvam estratégias de sistematização de estudo para alcançar os objetivos de aprendizagem propostos pelo professor. Entende-se que os alunos sentem-se mais seguros quando compreendem a intencionalidade das aulas, quais objetivos precisam ser alcançados, quais atividades precisam ser realizadas e, posteriormente, quando recebem um *feedback* do professor, quais soluções estão corretas e o que precisa ser melhorado.

Basicamente, um Roteiro de Aprendizagem é composto por: (i) um texto de apresentação que indica a importância da tarefa e fornece as orientações do professor; (ii) os objetivos de aprendizagem a serem alcançados com o roteiro desenvolvido; e (iii) as tarefas que devem ser realizadas pelos alunos de modo a atingir os objetivos estabelecidos. Além dessa estrutura, deve-se ter em mente que a correção das tarefas e o *feedback* são ações que devem constar no planejamento do professor, uma vez que fazem parte da aplicação do Roteiro de Aprendizagem (FARIAS, 2019).

Ainda segundo Farias (2019), o texto de apresentação é importante para motivar o aluno de maneira inicial e dar a devida relevância à tarefa que será realizada. Por esse motivo, a escrita do texto de apresentação deve considerar, ao menos, 02 (dois) aspectos: perfil dos alunos e o estilo da escrita do texto. Quanto aos objetivos da aprendizagem, devem ser mensuráveis, a fim de que o professor, a partir das respostas dos alunos, tenha condições de avaliar os níveis de desempenho. Com relação às tarefas, devem estar diretamente ligadas aos objetivos de aprendizagem estabelecidos pelo professor e podem ser solicitadas de diversas maneiras, como por exemplo: resolução de problemas, pesquisas bibliográficas, discussões em grupo, questionário, leitura e desenvolvimento de textos, resolução de cálculos, desenhos esquemáticos, dentre outros.

Além desses elementos, entende-se como sendo importante que os Roteiros de Aprendizagem informem os alunos sobre como as tarefas serão avaliadas e, também, que estabeleçam um prazo para solução e entrega da atividade. No Quadro 8 apresenta-se um modelo de estrutura que pode ser utilizado como referência para a elaboração de Roteiros de Aprendizagem.

Quadro 8 - Modelo de estrutura para elaboração Roteiros de Aprendizagem.

CURSO DE INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO E À INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS SENTINEL-1	
Módulo I – Sorria, você está sendo filmado! Roteiro de Aprendizagem 01	
Caro Aluno, seja bem-vindo! (Inserir uma mensagem de boas vindas, as orientações do estudo e a conduta para resolução do RA) Bom estudo!	
Resultados pretendidos da aprendizagem: (Descrever os resultados da aprendizagem que devem ser alcançados pelos estudantes)	
Tarefas: (Apresentação das tarefas que devem ser resolvidas, adotando-se o processo de investigação e fazendo uso dos recursos de apoio.) 1 - ... 2 - ...	
Avaliação: (Informar como esta tarefa será avaliada e, caso não esteja prevista uma avaliação, informar qual é a importância da sua execução)	
Prazo de Entrega: (Estabelecer um prazo para o cumprimento deste Roteiro de Aprendizagem)	
Referências e Material de Apoio: (Listar as referências e os anexos que fazem parte deste Roteiro de Aprendizagem)	

Fonte: Autoria própria.

Assim, em todos os módulos da proposta de ensino-aprendizagem, os Roteiros de Aprendizagem devem trazer conteúdos que estimulem o desenvolvimento autônomo dos alunos, especialmente sobre assuntos ministrados em sala de aula ou daqueles que contribuirão para a dinâmica das aulas seguintes. Esses roteiros também podem ser utilizados para ministrar conteúdos e tarefas que poderiam atrapalhar a dinâmica se fossem realizados no laboratório de informática, como por exemplo, baixar imagens, instalar programas, dentre outros.

Os Roteiros de Aprendizagem devem ser distribuídos por meio da tecnologia definida para administração dos conteúdos *on-line*, como por exemplo o *Google Classroom*. Nesse contexto, deve ser evitada a inserção de conteúdos que não estejam alinhados com os Resultados Pretendidos da Aprendizagem, em especial nos Roteiros de Aprendizagem, pois isso pode provocar um descrédito e, conseqüentemente, a não realização dessas tarefas por parte dos alunos.

2.5 TECNOLOGIAS

Considerando as opções de geotecnologias disponíveis atualmente e o contexto educacional brasileiro, foram selecionados tecnológicos gratuitos, multiplataforma e adequados para aplicações profissionais e acadêmicas. Nesta proposta de ensino-aprendizagem serão utilizadas as seguintes geotecnologias:

a) Imagens de Radar Sentinel-1: A missão Sentinel-1 é a primeira do Programa *Copernicus*, uma iniciativa conjunta da *European Commission* (EC) e da *European Space Agency* (ESA) que implementa serviços observação da Terra e informação sobre Meio Ambiente e segurança. Essa missão transporta um Radar de Abertura Sintética (SAR) que opera na banda C e possui quatro modos de imageamento (IW, SM, EW e WV) disponibilizando diferentes resoluções (até 5 m) e cobertura (até 400 km). Esse Radar tem a vantagem de operar em comprimentos de onda não impedidos pela cobertura de nuvens ou falta de iluminação, podendo, assim, registrar imagens durante o dia ou a noite sob todas as condições climáticas. A missão Sentinel-1 é composta por uma constelação de 02 (dois) satélites, Sentinel-1A (lançado em 03 de Abril de 2014) e o Sentinel-1B (lançado no dia 25 de Abril de 2016), compartilhando o mesmo plano orbital. Quanto a sua aplicação, essa missão foi desenvolvida para monitoramento dos meios terrestres e marinhos, contudo, devido a sua resolução temporal, é particularmente útil no monitoramento de cobertura vegetal, áreas agrícolas, zonas de gelo no mar, detecção de navios, suporte à gestão de emergências, dentre

outros (ESA/Sentinel Online, 2018). As imagens de Radar Sentinel-1 podem ser obtidas gratuitamente no repositório oficial da Agência Espacial Europeia/Copernicus: scihub.copernicus.eu/dhus.

b) Imagens ópticas Landsat-8: A série Landsat teve seu início na segunda metade da década 60, a partir de um projeto desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), sendo dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Esse programa, que inicialmente foi denominado ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*) e em 1975 passou a se denominar Landsat, ainda mantém sua importância junto a comunidade especializada devido ao seu acervo histórico e a contínua atualização tecnológica. Desde o início da série, foram lançados 08 (oito) satélites, todos equipados com sensores imageadores ópticos multiespectrais. A partir de 2013, após o lançamento da missão Landsat-8, passaram a ser disponibilizadas imagens com as seguintes características técnicas: sensores ópticos OLI (*Operational Terra Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), imagens ortoretificadas, formato GeoTIFF, resolução temporal de 16 dias, faixa imageada 185 Km, resolução espacial 15 m (Pancromático), 30 m (Multiespectral), 100m reamostrada para 30 m (Termal) (DSR/INPE, 2017). Toda as imagens da série Landsat podem ser obtidas de forma gratuita no repositório da *United States Geological Survey* (USGS): earthexplorer.usgs.gov.

c) Sentinel Application Platform (SNAP): Esse sistema de processamento digital de imagens é uma estrutura comum para todas as ferramentas Sentinel e foi desenvolvida pela Agência Espacial Europeia em conjunto com outras empresas, como *Brockmann Consult*, *Array Systems Computing* e C-S. Essa plataforma possui diversas características que a tornam ideal para processamento e análise das imagens Sentinel, como por exemplo: consolidação de todas as ferramentas Sentinel em uma única estrutura, capacidade de exibir e navegar rapidamente em imagens *giga-pixel*, possibilidade de criar cadeias de processamento definidas pelo usuário, permite a manipulação e a sobreposição de imagens e *shapes*, possui aritmética de banda flexível usando expressões matemáticas, *download* automático de dados SRTM DEM, visualização integrada *WorldWind*, dentre outras vantagens (ESA/STAP, 2018). Esse *software* pode ser obtido gratuitamente no endereço: <http://step.esa.int/main/download/>.

d) QGIS: Esse *software* é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) gratuito, desenvolvido por equipes de voluntários de várias partes do mundo e utilizado para criar, editar, visualizar, analisar e publicar informações geoespaciais. O núcleo desse sistema foi desenvolvido em C++, com suporte a *Python* e a diversos sistemas gerenciadores de bancos de dados. Além disso, por ser multiplataforma, pode ser instalado em *Linux*, *Unix*, *Mac OS* e

Windows. O QGIS é uma geotecnologia amplamente utilizada em apoio às atividades de diversos setores, incluindo órgãos de governo, setores da educação, empresas de engenharia, forças armadas e pesquisa (OSGEO, 2019). O QGIS, que é considerado um sistema robusto e adequado para aplicações profissionais e acadêmicas, pode ser obtido gratuitamente no site: www.qgis.org.

2.6 DINÂMICA DE ENSINO

Nesta proposta de ensino-aprendizagem, considera-se importante que os alunos, desde o primeiro momento, sejam informados da dinâmica do curso, dos objetivos propostos, da trajetória a ser percorrida e do propósito de cada atividade. Essa interação contribuirá para o estabelecendo um ambiente produtivo e participativo, favorecendo a integração entre professor e aluno.

Durante a aplicação, os conteúdos e as atividades didáticas são ministrados segundo um gradiente de complexidade, de acordo com a evolução dos módulos. A quantidade de atividades executadas em cada módulo pode variar de acordo com a necessidade dos alunos, a intenção do professor ou a carga horária disponível. Essa dinâmica pode ser melhor compreendida observando a Figura 7.

Figura 7 -Gradiente de evolução dos conteúdos e atividades didáticas

CONTEÚDOS	INTRODUÇÃO AO SENSORIAMENTO REMOTO	OBTENÇÃO DE IMAGENS ÓPTICAS ANÁLISE DE IMAGENS ÓPTICAS	OBTENÇÃO DE IMAGENS DE RADAR ANÁLISE DE IMAGENS DE RADAR	SOLUÇÃO DE PROBLEMAS
	01 PRÁTICA DIRIGIDA EM SALA DE AULA + 01 PRÁTICA DIRIGIDA ON-LINE (CONTEÚDOS INTRODUTÓRIOS)	01 PRÁTICA DIRIGIDA EM SALA DE AULA + 01 PRÁTICA DIRIGIDA ON-LINE (ANÁLISE DE IMAGENS ÓPTICAS)	01 PRÁTICA DIRIGIDA EM SALA DE AULA + 01 PRÁTICA DIRIGIDA ON-LINE (ANÁLISE DE IMAGENS DE RADAR)	01 PRÁTICA DIRIGIDA ON-LINE + 01 - PRÁTICA AUTÔNOMA EM GRUPO + 01 - PRÁTICA AUTÔNOMA INDIVIDUAL
	MÓDULO I	MÓDULO II	MÓDULO III	MÓDULO IV

Fonte: Autoria própria.

O curso inicia-se apresentando a diferença visual entre uma imagem óptica e uma imagem de Radar, seguida das vantagens e desvantagens de cada uma delas. Esse conhecimento motivará os alunos para a realização das próximas atividades.

Nos módulos iniciais é importante que seja realizado um nivelamento de conhecimentos, assim, conteúdos introdutórios e informações básicas são importantes nessa etapa da aplicação, principalmente considerando a possibilidade da presença de alunos que nunca tiveram contato com esse assunto. Nesse módulo, composto por um elevado número de conceitos teóricos, o professor deve exercitar sua criatividade para estimular a aprendizagem ativa. Recomenda-se que os conceitos sejam apresentados em formato de vídeos, atividades dinâmicas, *slides* de imagens e, principalmente, pela execução de práticas dirigidas que permitam observar o conteúdo proposto. Por exemplo, pode-se explicar os conceitos de resolução espacial, resolução temporal, bandas espectrais, coordenadas geográficas, sistemas de projeção, dentre outras informações, aplicando práticas dirigidas de manipulação de imagens ópticas no QGIS, ainda que os alunos não possuam domínio sobre a utilização desse *software*.

A estratégia de iniciar o ensino pelas imagens ópticas está pautada na convicção de que, no primeiro momento, esse recurso facilitaria a assimilação dos conceitos de geoprocessamento, uma vez que são mais amigáveis ao olho humano. Na etapa seguinte, alunos poderiam concentrar suas atenções nas diferenças existentes entre as imagens de Radar e as imagens ópticas, uma vez que os conceitos anteriores foram assimilados. Por exemplo, ensina-se composições RGB utilizando as bandas das imagens ópticas, para, posteriormente, evidenciar a importância da matemática de bandas para realizar composições RGB com as imagens Sentinel-1, as quais possuem apenas 02 (duas) polarizações.

Considera-se importante que, a cada aula, os alunos recebam um material de apoio composto pelo conteúdo exato da aula que está sendo ministrado. Esse material tem a finalidade de sanar pequenas dúvidas dos alunos, além de permitir que os mesmos dediquem toda sua atenção à explicação do professor.

Com relação à Sala de Aula Invertida, ao menos 01 (uma) prática dirigida por módulo deve ser ministrada por meio de Roteiros de Aprendizagem, trazendo conteúdos que estimulem a aprendizagem autônoma dos alunos, especialmente sobre assuntos ministrados nas aulas realizadas ou naqueles que contribuirão para a dinâmica das aulas seguintes. Assim, o professor deve promover a participação dos alunos na organização dessa atividade, por exemplo, na definição da tecnologia a ser utilizada para administração dos conteúdos *on-line* (Ex.: *e-mail*, *Whatsapp*, *Google Classroom*, etc.).

Tendo em vista as limitações de alguns laboratórios de informática, deve ser evitada a realização de instalações de programas, *download* de imagens, dentre outras atividades que dependam diretamente de privilégios de usuários, qualidade da *Internet* e da quantidade de computadores simultâneos, uma vez que elas podem comprometer a dinâmica das aulas. Sugere-se que esses conteúdos sejam ministrados por meio de Roteiros de Aprendizagem.

Considerando que esta proposta é baseada em uma aprendizagem ativa, os conceitos devem ser demonstrados por meio de práticas dirigidas. Recursos adicionais também podem ser incorporados à ação do professor, como por exemplo, a utilização de transparências para demonstrar o conceito de camadas ou uma bolinha de borracha maciça lançada sobre superfícies com diferentes texturas para exemplificar a ação de reflexão das microondas. O mais importante é que os exemplos e os problemas propostos sejam contextualizados com a realidade dos alunos, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

Para a obtenção de melhores resultados na aplicação desta proposta, é importante a valorização da prática e da experimentação, em contraposição à maciça transmissão de conteúdo teórico. Nesse contexto, deve ser estimulada a criatividade, a confiança e a autonomia, sempre colocando o aluno no centro do aprendizado. Após cada atividade, os alunos devem receber um *feedback* da prática executada e os resultados apresentados em sala de aula, estimulando a participação ativa dos alunos.

Finalmente, no Módulo IV, os alunos iniciam a execução dos roteiros autônomos. Inicialmente, divididos em grupos, são desafiados a resolver problemas que integrem os conteúdos ensinados nos módulos anteriores. O propósito dessa atividade é estimular a autonomia, a confiança, o auto-conhecimento, a integração e a colaboração mútua. Em seguida, buscando alcançar o propósito principal do curso, os alunos são desafiados a resolver um problema de maneira autônoma, individual e dispondo exclusivamente de imagens Sentinel-1, situação onde os resultados da aprendizagem podem ser melhor observados.

Tanto nas atividades em grupo, como nas individuais, os alunos devem possuir a liberdade de, com base nos conteúdos aprendidos, decidir a quais os recursos necessário e a melhor maneira para solucionar problema que integram 03 (três) habilidades, 'Identificar', 'Processar' e 'Interpretar' imagens de Radar Sentinel-1. Nesta dinâmica, considera-se fundamental que os exemplos e os problemas propostos sejam contextualizados com a realidade dos alunos, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa. Esses problemas devem possuir uma resposta correta, porém, serão aceitas diferentes maneiras de solucioná-lo, desde que levem ao mesmo resultado. Dessa forma, sugere-se que as soluções apresentadas pelos alunos sejam avaliadas com base em uma rubrica.

Segundo Brookhart (2013), uma rubrica é um conjunto coerente de critérios sobre o trabalho a ser realizado pelos estudantes que inclui descrições de níveis de desempenho (performance). No Quadro 9, apresenta-se uma rubrica criada para esta pesquisa, onde podem ser observados os critérios utilizados para avaliar a habilidade IDENTIFICAR (Identificar as ferramentas básicas e as características das imagens de Radar Sentinel-1 por meio da descrição da ação realizada), PROCESSAR (Processar uma imagem de Radar Sentinel-1) e INTERPRETAR (Interpretar uma imagem de Radar Sentinel-1 para elaboração de diagnósticos ambientais).

Quadro 9 - Rubrica elaborada para avaliação das habilidades Identificar, Processar e Interpretar

Taxonomia SOLO	RELACIONAL	MULTIESTRUTURAL	UNIESTRUTURAL	PRÉ-ESTRUTURAL
Conceito:	AVANÇADO	PROFICIENTE	PRÓXIMO AO PROFICIENTE	INICIANTE
Habilidade: IDENTIFICAR Ação: Identificar as ferramentas básicas e as características das imagens de Radar por meio da descrição da ação realizada.	Identifica e justifica de forma correta, clara e completa cada uma das ações e ferramentas utilizadas para solução do problema.	Identifica e justifica corretamente cada uma das ações e ferramentas utilizadas para solução do problema, porém, sem o detalhamento do nível avançado ou por meio da cópia do texto do material de apoio.	Identifica e/ou justifica as ações e ferramentas utilizadas para a solução do problema de forma imprecisa, diminuindo a clareza e a completude da resposta.	Identifica e/ou justifica as ações e ferramentas utilizadas para a solução do problema de forma incoerente ou incorreta.
Habilidade: PROCESSAR Ação: Processar uma imagem de Radar Sentinel-1	Realizou todos os passos para o processamento da imagem de Radar no SNAP. Realizou a composição RGB corretamente. Configurou adequadamente o histograma de cores ou utilizou as ferramentas "Transparency" e/ou "Swipe".	Realizou todos os passos para o processamento da imagem de Radar no SNAP. Realizou a composição RGB corretamente. Não realizou a configuração do histograma de cores, nem utilizou as ferramentas "Transparency" e/ou "Swipe".	Realizou todos os passos para o processamento da imagem de Radar no SNAP, porém, não realizou a composição RGB ou cometeu algum erro na ordenação das etapas.	Não conseguiu processar a imagem de Radar Sentinel-1 utilizando o SNAP.
Habilidade: INTERPRETAR Ação: Interpretar uma imagem de Radar Sentinel-1 para a elaboração de um diagnóstico ambiental	Interpretou a imagem de Radar corretamente e apresentou uma resposta completa e precisa o problema.	Interpretou a imagem de Radar corretamente, porém, apresentou uma resposta incompleta e/ou imprecisa para o problema.	Interpretou a imagem de Radar corretamente, porém, apresentou uma resposta errada para o problema.	Não conseguiu interpretar a imagem de Radar.

Fonte: Autoria própria.

Como pôde ser observado no Quadro 9, a escala da rubrica foi construída com base em níveis de desempenho dos alunos.

2.7 MATERIAL DIDÁTICO CONCEBIDO

Para materialização dessa proposta de ensino-aprendizagem, foi necessária a elaboração e a organização do material didático a ser utilizando em sala de aula. Nesse processo, que consumiu aproximadamente 04 (quatro) meses da pesquisa, foram confeccionados *slides*, investigados exemplos significativos, buscadas figuras ilustrativas, providenciados os recursos de ensino, planejadas as atividades práticas, obtidas as imagens e *softwares* necessários para as aulas.

Assim, seguindo o Plano de Ensino elaborado nesta pesquisa, foram criados os materiais de apoio às aulas, os Roteiros de Aprendizagem, os conteúdos para serem ministrados *on-line*, os problemas para solução individual e em grupo. Além disso, foram elaboradas orientações para padronização da configuração dos Sistemas de Informação Geográfica e a preparação das imagens que serão utilizadas nas atividades didáticas.

Nesse processo, devidamente autorizado pelo seu autor - Elias Kroth, foi editada uma apostila de QGIS, a fim de que pudesse ser adequada aos objetivos desta pesquisa e distribuída aos alunos. Ainda, foram traduzidas videoaulas do curso *Echoes in space: Introduction to Radar Remote Sensing - EO College* da Agência Espacial Europeia, disponíveis no *Youtube*, a fim de subsidiar as informações transmitidas pelo professor em sala de aula.

Finalmente, todo o material didático concebido, o qual está descrito no Quadro 10, foi testado pelo pesquisador antes de ser aplicado em sala de aula e, posteriormente, passou a compor o produto educacional derivado desta pesquisa.

Quadro 10 - Materiais didáticos concebidos para aplicação da proposta de ensino-aprendizagem.

Qtd	Descrição
05	Aulas em formato de <i>slides</i>
01	Apostila básica de QGIS
01	Material de reforço sobre geoprocessamento de imagens ópticas
01	Referencial teórico (conteúdo e autores) sobre imagens de Radar
01	Cadeia de processamento para imagens Sentinel-1 utilizando SNAP
04	Materiais de apoio para as aulas

Quadro 10 - Materiais didáticos concebidos para aplicação da proposta de ensino-aprendizagem.
(continuação)

04	Roteiros de Aprendizagem
03	Materiais de apoio aos Roteiros de Aprendizagem
01	Problema de desmatamento para solução em grupo
01	Problema de extração mineral em leito de rio para solução em grupo
01	Problema de área alagada para solução individual
19	Imagens reais processadas para aplicação didática

Fonte: Autoria própria.

3 PERCURSO METODOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Considerando os objetivos propostos e as questões de pesquisa, o percurso metodológico foi dividido em 02 (duas) etapas. A primeira etapa foi destinada a avaliação da proposta de ensino-aprendizagem e será descrita neste capítulo. A segunda etapa diz respeito avaliação do produto educacional e será detalhado no capítulo seguinte.

Nesta primeira etapa, a fim de avaliar a efetividade da proposta de ensino-aprendizagem e buscando resposta para as duas primeiras questões de pesquisa (seção 3.1.3), foi realizado um estudo de caso com 14 (quatorze) sujeitos, entre alunos e profissionais recém formados em cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente. O estudo de caso é um método utilizado em pesquisas empíricas, que visa investigar um fenômeno contemporâneo no seu ambiente real, principalmente quando os limites entre o fenômeno e seu ambiente não são claros (YIN, 2015).

Assim, foi adotado esse método de pesquisa por se tratar de uma investigação empírica, tendo como fenômeno (caso) a aplicação de uma proposta de ensino-aprendizagem para capacitação graduandos e profissionais recém-egressos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente a extraírem informações de imagens de Radar Sentinel-1 para apoiar a elaboração de diagnósticos ambientais. Esse estudo foi dividido em 04 (quatro) etapas essenciais para a sua execução, a saber: Planejamento; Execução e Coleta de Dados; Resultados e Discussões. A seguir, são apresentados os elementos pertencentes a esse estudo de caso.

3.1 PLANEJAMENTO

O planejamento desse estudo de caso foi elaborado considerando a implementação desta proposta de ensino-aprendizagem, no período de 06 a 10 de agosto, de 2018, no formato de um curso de extensão denominado "Diagnósticos ambientais por meio de imagens de Radar", realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - Campus Manaus Centro.

3.1.1 Preparação

Inicialmente, foi elaborado o Plano de Ensino do curso segundo os conceitos expostos nesta proposta de ensino-aprendizagem. Esse documento pode ser observado no Apêndice A. Em seguida, foram obtidas as devidas autorizações para aplicação do curso no Laboratório de Informática da Pós-Graduação do IFAM, Campus Manaus Centro, no período de 06 a 10 de agosto de 2018 e horário das 13:30 às 17:30h. Posteriormente, foi confeccionado um *banner* com informações sobre o curso e o mesmo foi divulgado em redes sociais e no *site* do IFAM.

Com base na capacidade do Laboratório de Informática do IFAM, foi estabelecido o número de 15 (quinze) vagas e os candidatos foram organizados, segundo a ordem de inscrição, em uma lista de chamada e outra de espera. Foram realizados contatos via *e-mail* com todos os interessados em participar do curso, inclusive, esclarecendo a situação de cada candidato dentro das respectivas listas.

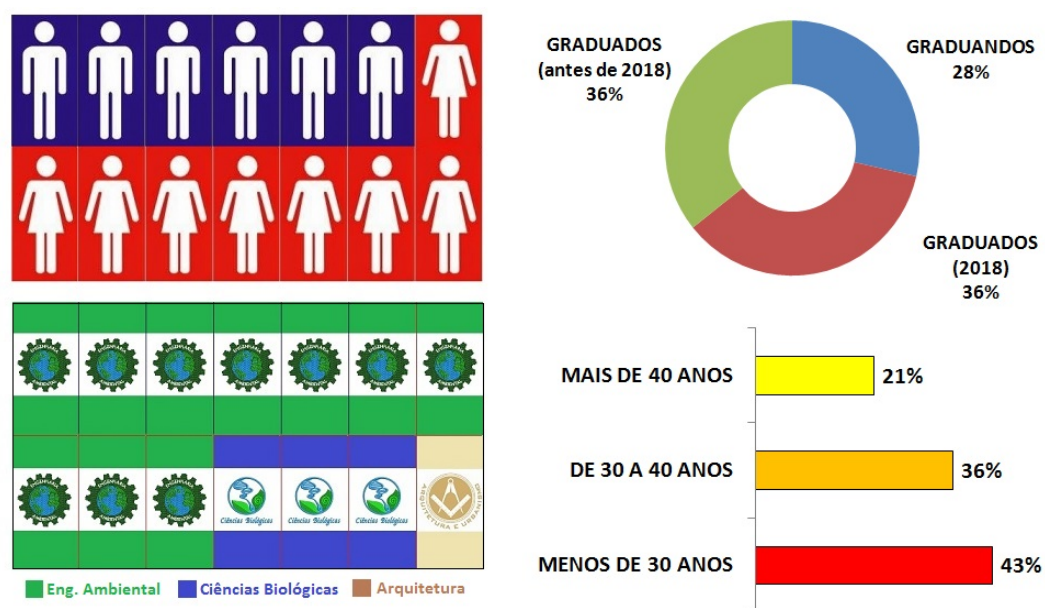
Finalmente, os candidatos selecionados para a participação no curso tomaram conhecimento dos aspectos referentes à pesquisa e preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3.1.2 Sujeitos

As vagas do curso proposto foram disponibilizadas para todos os alunos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente da cidade de Manaus-AM, sendo que os voluntários deveriam realizar suas inscrições por meio de formulário eletrônico disponível no *site* do IFAM. Foram recebidas 38 (trinta e oito) inscrições, de 09 (nove) Instituições de Ensino e 14 (quatorze) cursos superiores diferentes. Tendo em vista a quantidade de voluntários, a triagem dos candidatos foi realizada em duas etapas: primeiramente foram coletados os dados dos inscritos. Em seguida, foram estabelecidos os critérios para preenchimento das 15 (quinze) vagas disponíveis. Nesse caso, foram aceitos apenas os graduandos e graduados em cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente e, para a classificação, foi considerada a ordem cronológica de inscrição.

A caracterização do universo selecionado para esse estudo de caso é apresentada no Figura 8. Conforme pode ser observado, 01 (um) voluntário desistiu de participar do curso horas antes do início da primeira aula, sem que houvesse tempo hábil para convocação do próximo candidato da lista de espera. Por esse motivo, o curso foi realizado com a presença de 14 (quatorze) participantes.

Figura 8 - Informações sobre idade, gênero, escolaridade e especialidade dos candidatos.



Fonte: Autoria própria.

Com respeito aos sujeitos da pesquisa, por meio da análise dos questionários de autodeclaração preenchidos pelos alunos, constatou-se que 50% deles nunca havia realizado uma análise ambiental, 71% nunca havia realizado uma atividade prática de sensoriamento remoto e 79% nunca havia tido contato com uma imagem de Radar. Além disso, com base nas respostas desse mesmo questionário, também foi possível verificar a diversidade do universo selecionado, uma vez que havia desde candidatos que estavam cursando a graduação e ainda não trabalhavam, até estudantes recém-formados e que já atuavam profissionalmente com análises ambientais. Essa heterogeneidade foi benéfica por colaborar para a avaliação da efetividade e transversalidade da proposta de ensino-aprendizagem.

3.1.3 Questões de Pesquisa

Nesse estudo de caso, buscou-se responder as 02 (duas) primeiras questões de pesquisa:

- Em quais aspectos a proposta de ensino-aprendizagem demonstra-se adequada ou limitada com relação ao conteúdo teórico selecionado, aos problemas propostos, à carga horária sugerida, ao método e dinâmica de ensino implementados e a abrangência?
- Em quais aspectos a proposta de ensino-aprendizagem demonstra-se eficiente ou limitada para o desenvolvimento das habilidades IDENTIFICAR, PROCESSAR e INTERPRETAR imagens de Radar Sentinel-1?

Essas questões de pesquisa buscam testar a adequação (carga horária, conteúdo, abrangência, dinâmica, etc.) da proposta de ensino-aprendizagem e a sua eficiência para o desenvolvimento das habilidades básicas (identificar, processar e interpretar) consideradas nesta pesquisa.

3.2 EXECUÇÃO E COLETA DE DADOS

A implementação desta proposta de ensino-aprendizagem seguiu os pressupostos teóricos estabelecidos neste projeto de pesquisa e, conforme previsto, foi executada considerando uma carga horária de 30 (trinta) horas³, sendo 20 (vinte) horas presenciais e 10 (dez) horas de estudo autônomo, utilizando o modelo de Sala de Aula Invertida.

Antes do início do curso, os alunos preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e um Questionário Inicial, onde forneceram algumas informações sobre suas experiências profissionais e acadêmicas com relação a realização de análises ambientais, sensoriamento remoto e imagens de Radar.

Conforme previsto, o curso foi dividido em módulos, nos quais, de maneira gradativa, as atividades de ensino e os conteúdos propostos conduziram os alunos aos resultados pretendidos da aprendizagem.

No Módulo I, com 06 (seis) horas de duração e intitulado "Sorria, você está sendo filmado!", apresentou-se aos alunos um breve histórico e os conceitos básicos do sensoriamento remoto. Além disso, foram executadas atividades simples de manipulação de imagens ópticas utilizando o *software* de geoprocessamento.

No Módulo II, com 08 (oito) horas de duração e intitulado "A beleza é efêmera!", ocorreu o aprofundamento do conteúdo no que diz respeito a análise de imagens ópticas. Por meio de atividades práticas dirigidas, os alunos aprenderam a baixar imagens ópticas, realizar composições RGB, construir vetores, calcular áreas, editar tabelas de atributos dentre outras atividades. Neste módulo os alunos percebem que o tipo de beleza visto nas imagens ópticas poderia ser passageiro diante da presença de nuvens.

No módulo III, com 08 (oito) horas de duração e intitulado "Quem tem um olho é rei!", os alunos começaram a trabalhar com as imagens de Radar e perceberem a importância de saber extrair informações desse tipo de recurso. A fim de tornar o aprendizado mais

³ Inicialmente, a proposta de ensino-aprendizagem foi implementada com uma carga horária de 30 (trinta) horas. Porém, no decorrer da pesquisa, verificou-se que essa carga horária seria insuficiente para futuras replicações desse curso e, por esse motivo foi aumentada para 40 (quarenta) horas. Os detalhes dessa alteração serão apresentados no Capítulo 4.

significativo, por meio de práticas dirigidas, foram realizadas as mesmas tarefas do módulo anterior, porém, nesse momento, utilizando as imagens de Radar Sentinel-1 e o SNAP. Durante esse módulo, os alunos compreenderam melhor algumas vantagens técnicas das imagens de Radar, como, por exemplo, a resolução temporal, a imunidade à presença de nuvens, o imageamento noturno, a textura das imagens, os dados altimétricos, dentre outras. Dessa forma, percebem os motivos dessas imagens serem preferidas em algumas circunstâncias, mesmo sendo menos "amigáveis" que as imagens ópticas, assim, entenderam que as imagens de Radar também são bonitas, porém, possuem outro tipo de beleza.

Finalmente, no Módulo IV, com 08 (oito) horas de duração e intitulado "Faça você mesmo!", os alunos foram divididos em grupos e desafiados a resolver problemas que integraram os conteúdos ensinados nos módulos anteriores. Nessa atividade, que teve o propósito de estimular a autonomia, a confiança, o autoconhecimento, a integração e a colaboração mútua entre os alunos, foram distribuídos 02 (dois) tipos de problema: o primeiro, versando sobre a investigação de uma área que possivelmente estaria sendo alvo de um desmatamento ilegal. Nesse caso, os alunos deveriam confirmar ou não essa informação, determinar o tamanho da área desmatada e descrever como chegou a essas conclusões. No segundo problema, os alunos deveriam investigar uma denúncia da existência de extração mineral ilegal no leito de um rio do Amazonas, confirmando ou não essa informação, determinando a localização dos garimpos, o tamanho da área destruída e descrever como chegaram a essa conclusão.

Em seguida, buscando alcançar o objetivo principal do curso, os alunos foram desafiados a resolver um problema de maneira autônoma, individual e utilizando exclusivamente as imagens de Radar. Essa atividade, realizada no último dia de aula, funcionou como uma prova de conhecimento, uma vez que, para a sua resolução, o aluno deveria demonstrar domínio do conteúdo ministrado durante o curso e, também, evidenciar as habilidades consideradas nesta pesquisa. Por esse motivo, a avaliação do desempenho dos estudantes foi realizada com base na solução proposta por eles ao problema apresentado no Quadro 11.

Quadro 11 - Problema para avaliação de conhecimento.

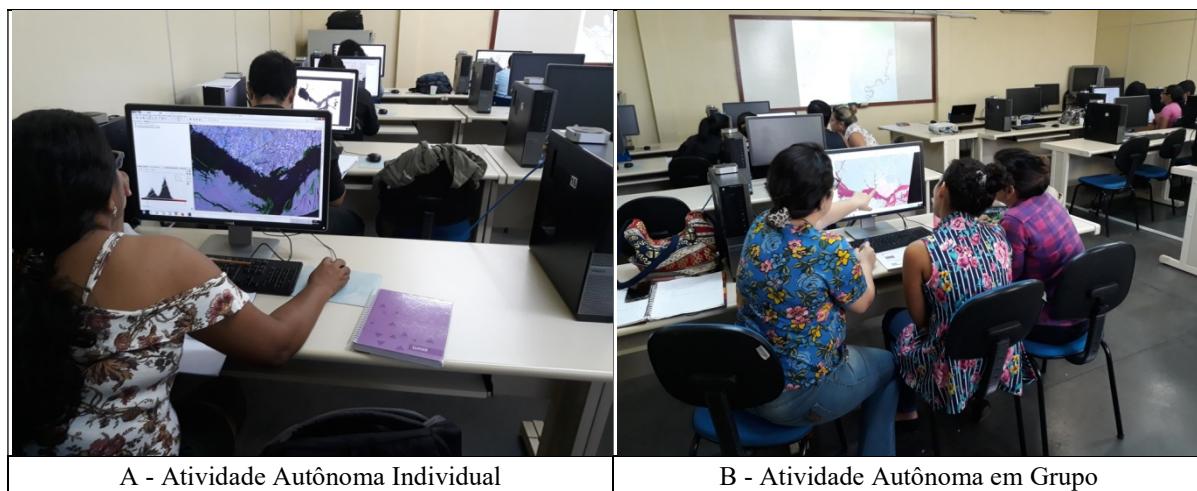
Contextualização: (situação hipotética)	O alerta de cheia divulgado por um órgão de monitoramento geológico no final de 2017 informa que, em 2018, o Rio Negro não atingirá a cheia histórica de 2012. Todavia, com base nos índices pluviométricos previstos para essa região, a enchente do Rio Negro deve atingir cotas máximas equivalentes às registradas em Maio/2017. Com base no boletim hidrológico divulgado e a fim de planejar eventuais medidas de prevenção a desastres naturais, um grupo de Agentes da Defesa Civil foi acionado para avaliar quais seriam as comunidades possivelmente afetadas pela enchente de 2018. A você, como integrante desse grupo de estudo, coube a missão de avaliar se a comunidade ribeirinha do Bairro Educandos (Localização: Latitude 3° 08' 22" S / Longitude 60° 00' 43" W) corre o risco de ser atingida pela cheia do Rio Negro. Durante a divulgação do alerta de cheia, foram fornecidas imagens atualizadas da região de Manaus, bem como as imagens registradas na cheia de Maio/2017.
Questões do Relatório:	1 - Com base nas informações recebidas e nas imagens analisadas, pode-se concluir que a comunidade ribeirinha do Bairro Educandos (Localização: Latitude 3° 08' 22" S / Longitude 60° 00' 43" W) será atingida pela enchente do Rio Negro e, por esse motivo, medidas de proteção àquela comunidade devem ser tomadas? Como você chegou a essa conclusão? 2 - Descreva detalhadamente quais foram as técnicas e os recursos utilizados para chegar a essa conclusão, justificando o emprego de cada um deles.
Imagens fornecidas:	01 – imagem do Radar Sentinel-1 da região de Manaus-AM (Outubro/2017) 01 – imagem do Radar Sentinel-1 da região de Manaus-AM (Maio/2017)
Tipo de execução:	Autônoma e Individual

Fonte: Autoria própria.

Para a resolução do problema apresentado no Quadro 11, a exemplo de todas as demais atividades autônomas ministradas durante o curso, os alunos foram motivados a propor soluções com base nos conteúdos aprendidos e, assim, possuíam a liberdade para decidir qual a melhor técnica a ser empregada. Porém, para que isso fosse possível, os problemas possuíam uma resposta correta, mas não existia solução única. As soluções apresentadas pelos alunos foram avaliadas por meio da rubrica apresentada no Quadro 9.

Algumas imagens da aplicação desta proposta de ensino-aprendizagem podem ser observadas nas Figuras 9A e 9B. Ao final das atividades, os alunos responderam a uma Pesquisa de Opinião onde puderam expressar suas impressões sobre o curso realizado.

Figura 9 - Imagens da aplicação da proposta de ensino-aprendizagem.



Fonte: Acervo do autor.

Tendo em vista o propósito deste trabalho, foram considerados apenas os resultados decorrentes das atividades individuais realizadas pelos estudantes, uma vez que refletem com maior fidelidade os níveis de desempenho atingidos pelos sujeitos participantes desta pesquisa. Nesse contexto, registra-se o fato de que, entre os 14 (quatorze) alunos participantes desse estudo de caso, 02 (dois) deles, apesar de terem participado de todo o período da aplicação desta proposta de ensino-aprendizagem, inclusive realizando as atividades propostas com aproveitamento positivo, faltaram às atividades individuais do último módulo e, por esse motivo, seus desempenhos não são apresentados, nem considerados como resultados de pesquisa. Os resultados, portanto, são apresentados com base em 12 (doze) alunos.

Ao final do curso, os alunos responderam uma Pesquisa de Opinião onde puderam expressar suas impressões sobre a proposta de ensino-aprendizagem.

Dessa forma, os instrumentos utilizados para coleta de dados de pesquisa foram os seguintes: (i) Observação independente (questionários no início e no final do curso) e participante do pesquisador (*feedback* diário, caderno de anotações e conversa); e, (ii) Avaliação de desempenho dos alunos nas atividades realizadas dentro da sala de aula, tomando como referência a rubrica elaborada para esta pesquisa.

Sobre esse assunto, a seleção clara dos instrumentos de coleta de dados, bem como a utilização de múltiplas fontes de evidências, contribuem para a validade do construto. Ainda, nesse mesmo sentido, a declaração de objetivos, proposições e questões de pesquisa são aspectos importantes para a confiabilidade da pesquisa (YIN, 2015).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, serão apresentados os resultados e as discussões sobre as duas primeiras questões de pesquisa, segundo os dados coletados e o desempenho dos alunos na aplicação da proposta de ensino-aprendizagem.

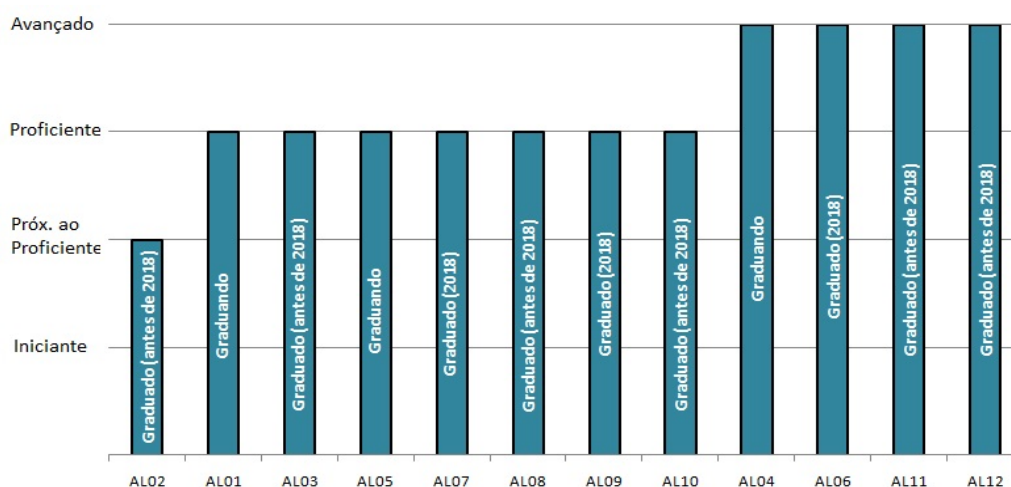
Para estabelecer uma relação causal e evidenciar a validade interna da pesquisa, foram estabelecidos critérios claros para a análise dos dados (YIN, 2015).

3.3.1 Questão de pesquisa 1 (QP1)

QP1: Em quais aspectos a proposta de ensino-aprendizagem demonstra-se adequada ou limitada com relação ao conteúdo teórico selecionado, aos problemas propostos, à carga horária sugerida, ao método e dinâmica de ensino implementados e a abrangência?

Na Figura 10, apresenta-se o desempenho individual dos alunos para as respostas obtidas da resolução do problema (Quadro 11), baseadas na rubrica (Quadro 9). Esse gráfico foi gerado com base no cálculo da média do nível de desempenho obtido em cada uma das 03 (três) habilidades. Como pode ser observado, 33,3% dos alunos concentram-se no nível 'Avançado', 58,3% no nível 'Proficiente' e apenas 8,4% no nível próximo de proficiente. Isso significa dizer que, de forma autônoma e individual, os alunos demonstraram conseguir 'Interpretar' corretamente uma imagem de Radar e extrair dela as informações necessárias para o preenchimento de um relatório. Esse nível de desenvolvimento exige que os alunos sejam capazes 'Processar' uma imagem Sentinel-1, além de 'Identificar' as características dessa imagem e as ferramentas utilizadas durante o processo. A título de esclarecimento, na Figura 10, o eixo "y" apresenta os níveis de desempenho estipulados nesta pesquisa, o eixo "x" apresenta a identificação de cada aluno, segundo o código que receberam para preservação dos seus nomes reais e, por fim, as barras verticais traduzem o nível de desempenho alcançados por cada aluno, bem como a escolaridade dos mesmos.

Figura 10 - Níveis de desempenho individual dos alunos.



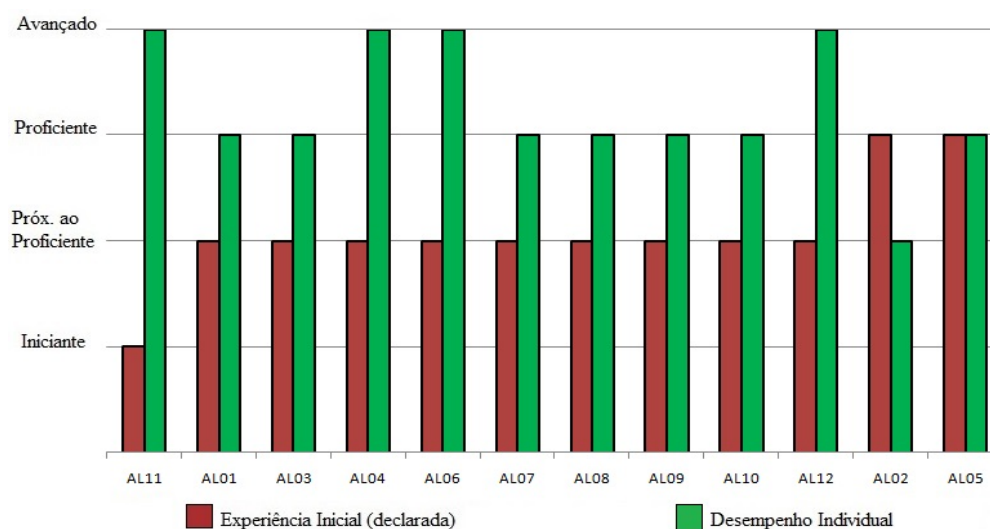
Fonte: Autoria própria.

Esses resultados superaram o objetivo mínimo estabelecido no âmbito desta pesquisa, uma vez que estipulou-se como sendo desejável que, ao final da execução, ao menos 70% dos alunos alcançassem ou superassem o nível 'Proficiente' de desempenho, considerando a média dos níveis de desempenho dos alunos nas habilidades avaliadas. Verificou-se que, ao final da aplicação, 91,6% dos alunos atingiram ou ultrapassaram o nível 'Proficiente' de desempenho.

Com relação à abrangência da proposta de ensino-aprendizagem, fundamental para os propósitos desta pesquisa, verificou-se que fatores como gênero e idade não influenciaram no desempenho dos alunos. Ainda, da análise dos resultados obtidos, também não foram observadas diferenças significativas de desempenho entre graduandos e graduados, conforme pôde ser observado na Figura 10.

Constatou-se que, mesmo os alunos que declararam possuir pouco ou nenhum conhecimento prévio em sensoriamento remoto, conseguiram obter desempenho igual ou superior àqueles que declararam possuir alguma experiência prévia, conforme demonstrado na Figura 11. Esse resultado traz evidência de que a proposta de ensino-aprendizagem é igualmente eficiente para capacitar estudantes, com ou sem experiência prévia, a interpretar imagens de Radar Sentinel-1.

Figura 11 - Experiência Inicial x Desempenho Individual.



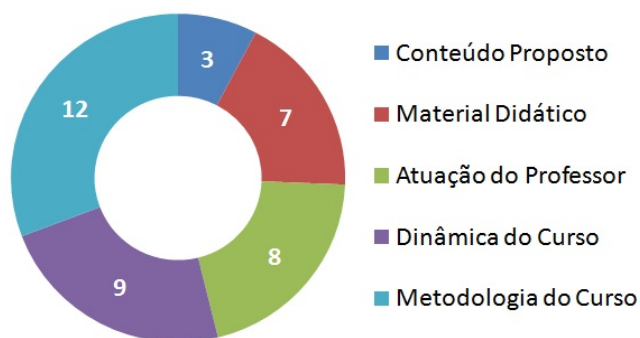
Fonte: Autoria própria.

Considerando os diferentes cursos de origem dos sujeitos participantes desta pesquisa (Figura 8), não se verificou destaque absoluto de nenhuma especialidade, havendo representante de todos os cursos superiores participantes desta aplicação entre os melhores desempenhos individuais registrados.

Com relação ao método de ensino e dinâmica implementados, percebeu-se, por meio de observação participante, que, apesar da heterogeneidade e multidisciplinaridade do público-alvo, com exceção dos desistentes, todos os demais sujeitos do estudo acompanharam os conteúdos e progrediram no curso. Esse resultado traz evidências da adequação da ABP, associada ao modelo de Sala de Aula Invertida e o Alinhamento Construtivo, para ensinar esse tipo de conteúdo.

Essa percepção foi ratificada por meio da análise de um questionário de opinião respondido pelos alunos ao final do curso, cujas respostas foram analisadas com o auxílio do *software Sphinx Léxico*, que é uma ferramenta de análise de dados e respostas abertas que pode ser utilizada tanto em pesquisas quantitativas como qualitativas (FREITAS et al., 2008). Na Figura 12, apresenta-se os aspectos positivos mais mencionados pelos alunos em questões abertas no final do curso e, nessa ilustração, percebe-se que a aprovação da metodologia e da dinâmica de ensino implementadas no curso esteve próxima da unanimidade entre os alunos.

Figura 12 - Quantidade de menções positivas apresentadas pelos alunos.



Fonte: Autoria própria.

Nas Figuras 13, 14 e 15 ilustra-se algumas das respostas apresentadas pelos alunos no questionário de opinião.

Figura 13 - Aspectos positivos do curso na opinião do Aluno 01.

- Qual foi a maior qualidade do curso: toda a dinâmica aplicada no curso foi excelente.

Fonte: Resposta do Aluno 01.

Figura 14 - Aspectos positivos do curso na opinião do Aluno 06.

- Qual foi a maior qualidade do curso: A metodologia aplicada pelo professor, com uma didática simples e de fácil entendimento. (linguagem).

Fonte: Resposta do Aluno 06.

Figura 15 - Aspectos positivos do curso na opinião do Aluno 11.

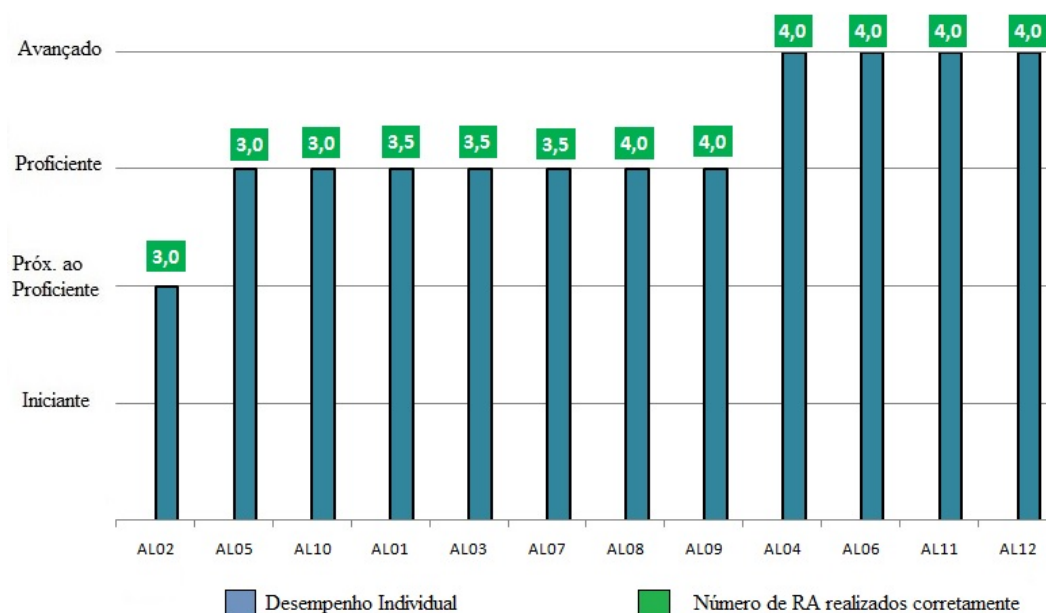
- Qual foi a maior qualidade do curso: DINÂMICA DA AULA, QUALIDADE DO MATERIAL DIDÁTICO

Fonte: Resposta do Aluno 11.

Ainda sobre metodologia e dinâmica, com relação à realização das atividades de estudo autônomo, implementadas segundo o modelo de Sala de Aula Invertida e por meio de Roteiros de Aprendizagem, percebeu-se que os alunos que obtiveram melhores resultados individuais, também foram aqueles que tiveram melhor desempenho nas atividades realizadas fora de sala de aula. Essa percepção pode ser visualizada na Figura 16, que ilustra o desempenho individual dos alunos, na resolução do problema apresentado no Quadro 11, em

função dos números de Roteiros de Aprendizagem executados corretamente pelo modelo de Sala de Aula Invertida. A título de esclarecimento, na Figura 16, o eixo "y" apresenta os níveis de desempenho estipulados nesta pesquisa, o eixo "x" apresenta a identificação de cada aluno, segundo o código que receberam para preservação dos seus nomes reais e, por fim, as barras verticais traduzem o nível de desempenho alcançados por cada aluno, bem como, em verde, o número de RA realizados corretamente durante o curso.

Figura 16 - Desempenho individual dos alunos em função do número de RA corretos.



Fonte: Autoria própria.

Nesta implementação do modelo de Sala de Aula Invertida, ficou estabelecido, com a colaboração dos alunos, que as respostas dos RA poderiam ser remetidas ao professor via *e-mail* ou *Whatsapp* até as 23h59 do dia em que foram distribuídos. Todavia, a experiência com a utilização do *Whatsapp* demonstrou-se negativa em 02 (dois) aspectos principais: (i) os alunos passaram a utilizar, recorrentemente, esse canal para tirar dúvidas com o professor durante a execução dos RA, comportamento que vai na contramão da aprendizagem autônoma; (ii) as respostas remetidas pelos alunos ficaram excessivamente espalhadas entre *e-mails* e mensagens, dificultando sua organização e consolidação. Por esses motivos, em prol da organização dos conteúdos *on-line* e manutenção dos objetivos do ensino híbrido, deve-se eleger apenas um recurso tecnológico para distribuição dos conteúdos *on-line*, preferencialmente o *Google Classroom*.

Com relação ao conteúdo teórico selecionado para essa aplicação da proposta de ensino aprendizagem, verificou-se que foram adequados, uma vez que, com essa fonte de informações, todos os alunos conseguiram solucionar todos os problemas propostos durante o

curso, permitindo que os níveis de desempenho fossem determinados exclusivamente pelas diferenças de completude das respostas apresentadas e que alguns alunos atingissem o patamar ideal de desempenho, ou seja, o nível Avançado.

Por outro lado, em que pese esses pontos positivos, percebeu-se que os alunos obtiveram um desempenho ligeiramente mais baixo quando avaliados pela descrição das atividades que realizaram (habilidade IDENTIFICAR, que será apresentada na seção seguinte), demonstrando alguma dificuldade em expressar e justificar, com as próprias palavras, o percurso realizado para solução do problema. Essa dificuldade, dentre outros motivos, pode ter sido motivada por uma insuficiência dos conceitos teóricos, mais especificamente conceitos técnicos sobre imagens de Radar, transmitidos durante o curso, portanto, esse conteúdo deve aprofundado em futuras aplicações.

Além disso, constatou-se que alguns alunos apresentaram imprecisões acentuadas nos cálculos de área, a partir de uma imagem de Radar. Pela observação presencial, identificou-se que esses desvios tiveram como causa a dificuldade dos alunos em desenhar, com precisão, formas geométricas, utilizando o *mouse*. A fim de minimizar essa deficiência, no início do Módulo III, foi distribuído um material de apoio complementar, composto de instruções e exercícios específicos, visando aprimorar a execução desse tipo de tarefa. Porém, considerando que essa dificuldade possa vir a prejudicar o cálculo de uma área e, conseqüentemente, a correção de um diagnóstico ambiental realizado em situação real, entende-se que esse conteúdo deva ser aprimorado e, para futuras aplicações, deva ser considerada a inclusão de atividades que estimulem a prática da construção de polígonos utilizando o *mouse*.

Ainda sobre esse aspecto, analisando as respostas apresentadas pelos alunos, tanto nas atividades autônomas em grupo como nas individuais, percebeu-se que ninguém utilizou o histograma de cores para aprimorar a aparência das imagens processadas. Essa ausência não configura necessariamente um erro de execução, porém, esse comportamento aponta uma oportunidade de melhoria para transmissão desse conteúdo em futuras aplicações.

Nesse mesmo contexto, identificou-se a necessidade de incluir alguns conteúdos de informática dentre os assuntos previstos para serem ministrados durante o curso, ainda que seja na forma de Roteiros de Aprendizagem, uma vez que foi constatada a dificuldade de alguns alunos em realizar ações simples, como instalar programas, criar pastas, organizar arquivos, descompactar arquivos, navegar na *Internet*, reconhecer extensões, utilizar as funções do *mouse* e manipular tabelas. Outra alternativa para diminuir ou solucionar essa dificuldade, seria considerar o conhecimento intermediário em informática como pré-requisito

para a realização de um curso, segundo os moldes estabelecidos por essa proposta de ensino-aprendizagem.

Com relação aos problemas propostos durante o curso, observou-se, presencialmente, que cumpriram o seu objetivo de motivar os alunos a solucioná-los, estimulando o sentimento de participação diante da simulação de situações reais do cotidiano. Essa percepção pôde ser confirmada nas respostas de alguns alunos, conforme pode ser observado na Figura 17.

Figura 17 - Elogio do Aluno 07 aos problemas propostos.

- Qual foi a maior qualidade do curso: Maior qualidade nas atividades propostas com problemas encontrados em nossa região

Fonte: Resposta do Aluno 07.

Além disso, tecnicamente, possibilitaram a identificação dos níveis de entendimento alcançados pelos alunos nas habilidades observadas nesta pesquisa. Essa qualidade pode ser melhor compreendida, observando as Figuras 18 e 19. Nesses exemplos, referentes à segunda questão do problema apresentado no Quadro 11, é possível identificar as diferenças entre uma resposta de entendimento, do nível Avançado e uma resposta do nível Proficiente, quando considerada a habilidade IDENTIFICAR.

Figura 18 - Exemplo de resposta de nível Avançado para a habilidade IDENTIFICAR.

Inicialmente as imagens foram selecionadas, para posteriormente passarem por tratamento.

Foi realizada a calibração da imagem (Calibratr) e posteriormente a correção radiométrica do terreno. Após este procedimento foram criadas as bandas virtuais, que na sequência foram convertidas para "banda", de modo que após este passo seria possível criar uma nova camada, neste caso, a camada "Stack".

Após a camada "Stack" ser criada foi realizada a composição RGB, para gerar a imagem final que seria analisada.

Para confirmação dos resultados desta imagem foi utilizada a "Transparência", manipulando as ferramentas "Transparency" e "Swipe" para verificar a mudança no período analisado.

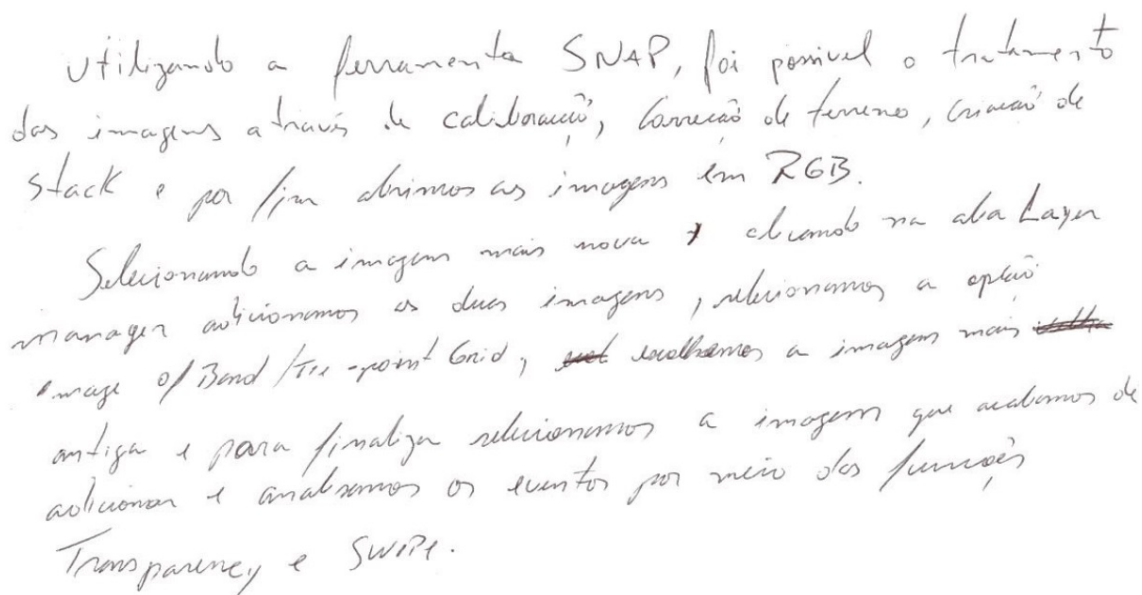
Fonte: Resposta do Aluno AL06.

Na Figura 18, observa-se como o aluno detalha minuciosamente o passo a passo realizado, sentindo-se confortável para, sempre que possível, interferir no texto, esclarecendo a ação realizada. Essa resposta, além de possibilitar a observação de aspectos importantes da

habilidade PROCESSAR, permite classificar esse aluno no nível Avançado de desempenho para a habilidade IDENTIFICAR, uma vez que esse exemplo demonstra que o aluno: *Identifica e justifica de forma correta, clara e completa cada uma das ações e ferramentas utilizadas para solução do problema.* Esses critérios são estabelecidos em uma rubrica, que foi apresentada no Quadro 9.

Por outro lado, o exemplo ilustrado na Figura 19 apresenta uma situação em que o aluno responde à questão solicitada no problema de forma correta, porém, sem a completude necessária para atingir o nível Avançado de desempenho. Pela descrição apresentada nesse exemplo, percebe-se que o aluno procedeu de maneira correta, porém, não detalhou as ações realizadas. Dessa forma, foi classificado no nível Proficiente para a habilidade IDENTIFICAR, uma vez que, pelos critérios da rubrica, o aluno: *Identifica e justifica corretamente cada uma das ações e ferramentas utilizadas para solução do problema, porém, sem o detalhamento necessário para atingir o nível Avançado.*

Figura 19 - Exemplo de resposta de nível Proficiente para a habilidade IDENTIFICAR.



Utilizando a ferramenta SNAP, foi possível o tratamento das imagens através de calibração, conversão de formato, criação de stack e por fim abrimos as imagens em RGB.

Selecionando a imagem mais nova e clicando na aba Layer manager adicionamos as duas imagens, selecionamos a opção Image of Band / 11-point Grid, ~~selecionamos~~ selecionamos a imagem mais ~~antiga~~ antiga e para finalizar selecionamos a imagem que adicionamos de adicionar e analisamos os pontos por meio das funções Transparency e SWIFT.

Fonte: Resposta do Aluno AL05.

Com relação à carga horária sugerida, entende-se que foi suficiente, uma vez que todo o conteúdo planejado e os problemas propostos puderam ser ministrados, sendo que não houve demanda dos alunos por uma carga horária maior. Todavia, o horário em que o curso foi realizado recebeu algumas críticas por parte dos alunos, uma vez que gerou alguns conflitos com o horário de estudo ou trabalho de alguns deles.

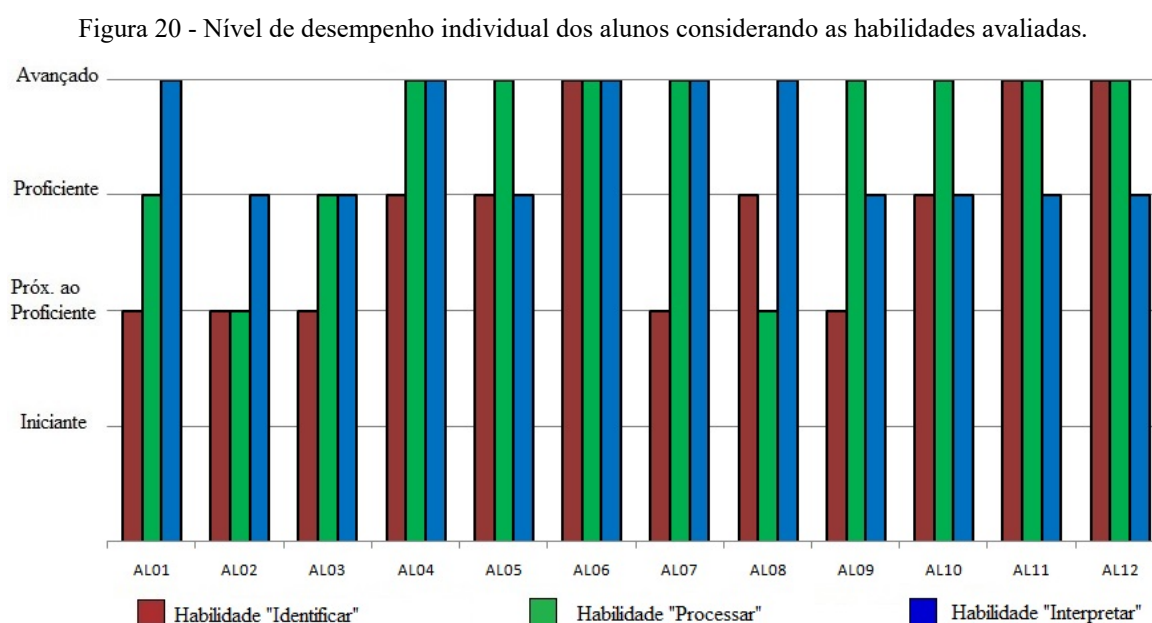
Assim sendo, em relação à QP1, que busca testar a adequação da proposta de ensino-aprendizagem, os resultados obtidos trazem evidências de que o planejamento da proposta de

ensino-aprendizagem foi realizado de maneira adequada considerando aspectos como: desempenho dos alunos, abrangência da proposta, o método de ensino e dinâmica implementados, o conteúdo teórico selecionado, os problemas apresentados e a carga horária sugerida.

3.3.2 Questão de pesquisa 2 (QP2)

QP2 - Em quais aspectos a proposta de ensino-aprendizagem demonstra-se eficiente ou limitada para o desenvolvimento das habilidades IDENTIFICAR, PROCESSAR e INTERPRETAR imagens de Radar Sentinel-1??

Com relação à QP2, que busca testar a eficiência da proposta de ensino-aprendizagem no desenvolvimento das habilidades básicas avaliadas nesta pesquisa, ou seja, IDENTIFICAR, PROCESSAR e INTERPRETAR imagens de Sentinel-1 para apoiar a elaboração de diagnósticos ambientais, considerando o problema apresentado no Quadro 11. Constatou-se que os alunos atingiram, predominantemente, o nível 'Proficiente' ou superior de desempenho em todas as habilidades avaliadas, resultado considerado satisfatório na perspectiva desta pesquisa, pois a expectativa era que, ao final da execução, ao menos 70% dos alunos alcancem o nível 'Proficiente' nas habilidades básicas avaliadas. Esses resultados podem ser observados na Figura 20.



Fonte: Autoria própria.

Como pôde ser observado na Figura 20, a habilidade IDENTIFICAR, que consiste basicamente da ação de descrever e justificar detalhadamente as características das imagens, recursos e ferramentas utilizadas para solução do problema proposto e, por esse motivo, considerada a mais básica entre as habilidades avaliadas, foi a que apresentou um nível de desenvolvimento médio ligeiramente inferior às demais.

Por meio da observação presencial e da análise das respostas apresentadas pelos alunos, constatou-se que, embora tratando-se da habilidade mais elementar (IDENTIFICAR) a ser avaliada, foi tomada como menos importante pelos alunos, pois, aparentemente, eles não entenderam que seriam avaliados pela completude e detalhamento das descrições contidas naquelas respostas. Por esse motivo, mesmo possuindo a maior parte dos resultados dentro dos níveis considerados satisfatórios, foi a habilidade que apresentou maior número de resultados com o nível de desempenho Próximo ao Proficiente. Esse resultado apresenta uma oportunidade de melhoria para futuras aplicações, a fim de conscientizar os alunos sobre a importância de saber descrever e justificar cada uma das etapas dentro do processo de interpretação das imagens Sentinel-1, evitando a assimilação mecânica dos procedimentos ensinados.

Além disso, infere-se que esse desempenho pode estar relacionado com uma deficiência nos conteúdos transmitidos, por esse motivo, decidiu-se reformular o referencial teórico proposto no Módulo III, acrescentando informações sobre conceitos básicos das imagens de Radar (ruídos, polarizações, bandas, etc.) e especificações técnicas das imagens Sentinel-1

Os resultados apresentados na Figura 20 demonstram que, com relação à habilidade PROCESSAR, considerada a mais complexa do ponto de vista procedimental, uma vez que contempla os processos específicos para tratamento de uma imagem de Radar Sentinel-1, observou-se que a proposta de ensino-aprendizagem foi eficiente para a obtenção de níveis de entendimento desejados, uma vez que, mesmo identificando alguns poucos resultados no nível de desempenho Próximo ao Proficiente, a maioria dos alunos atingiu o nível Proficiente ou Avançado, resultado considerado satisfatório, dada a complexidade do assunto.

Por fim, observando a Figura 20 e analisando os desempenhos dos alunos para a habilidade INTERPRETAR, considerada a mais complexa do ponto de vista da abstração, uma vez que se refere à extração de informações de uma imagem de Radar Sentinel-1 para elaboração de diagnósticos ambientais, constatou-se que a proposta de ensino-aprendizagem foi eficiente para o desenvolvimento dessa habilidade, levando em conta que todos os alunos atingiram o nível de desempenho Proficiente ou Avançado.

4 O PRODUTO EDUCACIONAL E O PERCURSO METODOLÓGICO PARA SUA AVALIAÇÃO

Neste capítulo são apresentados a estrutura, o conteúdo e o *design* do produto educacional gerado por esta pesquisa, assim como o percurso metodológico empregado para sua avaliação, consolidada na resposta da terceira questão de pesquisa.

4.1 VISÃO GERAL DO PRODUTO EDUCACIONAL

Os Mestrados Profissionais da área do Ensino, além da dissertação e artigos, derivados dos relatos descritivos e analíticos da pesquisa, geram produtos educacionais (BRASIL, 2016). O produto educacional é entendido como o resultado tangível de um processo gerado a partir de uma atividade de pesquisa, o qual foi desenvolvido com o intuito de responder a uma pergunta/problema oriunda do campo da prática profissional, podendo ser um artefato real, virtual ou, até mesmo, um processo (BESEMER; TREFFINGER, 1981).

No âmbito desta pesquisa, o produto educacional desenvolvido foi um "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1", formatado como um "Guia Didático para Professores" (vide Figura 21) e que tem por objetivo auxiliar professores, de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, a introduzirem o ensino das técnicas básicas de processamento e interpretação de imagens do Radar Sentinel-1 para suas turmas de alunos.

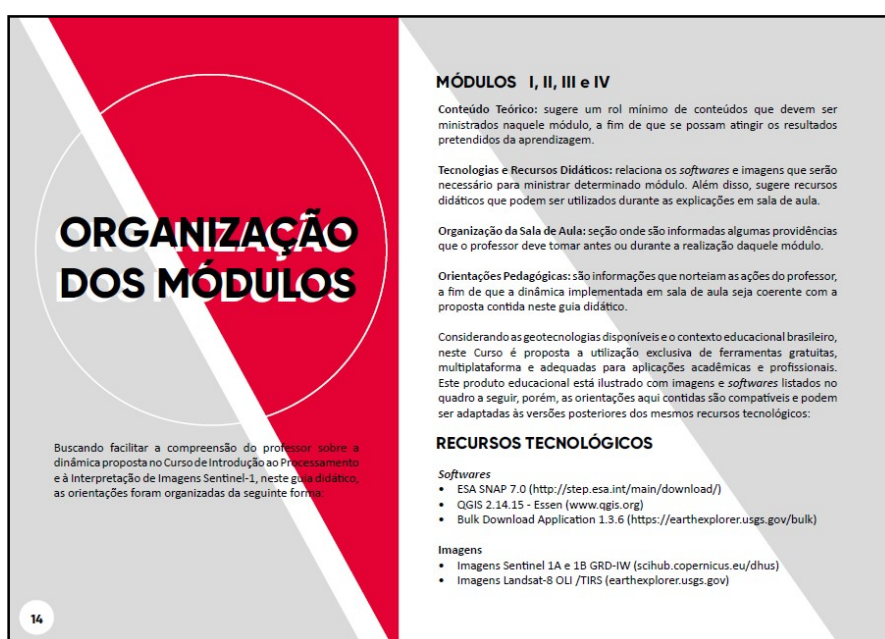
Figura 21 - Capa do produto educacional.



Fonte: Autoria própria (*design*: Marcella Sarah Filgueiras de Farias).

Nesse guia didático, o professor recebe orientações sobre como ministrar um curso estruturado em módulos, no qual os objetivos didáticos, os conteúdos propostos e as atividades desenvolvidas seguem um gradiente de complexidade que favorece o aprendizado de alunos com ou sem experiência em sensoriamento remoto. Além disso, em cada módulo (vide Figura 22), o professor é orientado sobre como selecionar e organizar o conteúdo teórico proposto, sobre como organizar a sua sala de aula para aquele módulo, sobre quais serão recursos tecnológicos mínimos necessários para a realização daquelas atividades e sobre quais são as orientações pedagógicas daquela etapa do curso.

Figura 22 - Organização dos módulos.



Fonte: Autoria própria (*design*: Marcella Sarah Filgueiras de Farias).

Além dos aspectos didáticos, há, do ponto de vista técnico, uma "receita de bolo" para orientar a realização de uma cadeia de pré-processamentos e processamentos eficientes para a análise de diversos tipos de alvos e eventos relacionados ao Meio Ambiente, por meio de inspeção visual, utilizando imagens Sentinel-1 GRD-IW⁴. Assim sendo, determinados tipo de análises podem exigir imagens obtidas segundo outros modos de aquisição, bem como tratamentos e processamentos específicos, os quais não fazem parte do escopo desse curso.

Esse guia didático se propõe a nortear a realização de um curso considerando uma carga horária mínima 40 (quarenta) horas e, nesse sentido, entende-se que essa proposta seja eficiente se aplicada em um dos seguintes formatos: (i) Disciplina em Curso Superior

⁴ Imagens de Radar Sentinel-1 registradas pelo modo de aquisição *Ground Range Detected - Interferometric Wide Swath Mode* (GRD-IW).

relacionado ao Meio Ambiente; (ii) Conteúdo complementar em disciplina de Curso Superior relacionado ao Meio Ambiente (Ex.: sensoriamento remoto, geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas ou similar); (iii) Curso Livre ou de Extensão. Assim sendo, cabe ao professor decidir qual o formato de aplicação que melhor atende aos seus objetivos, carga horária disponível e contexto educacional.

O produto prima pela utilização de uma linguagem clara e estrutura didática, sem perder de vista o rigor dos aspectos necessários a aprendizagem das técnicas de processamento e interpretação de imagens de Radar Sentinel-1. Contudo, para a compreensão adequada do conteúdo desse produto educacional é indispensável que o professor possua alguma experiência prévia em sensoriamento remoto, geoprocessamento, Sistemas de Informação Geográfica ou análise de imagens de satélite. Da mesma maneira, esse conteúdo didático não foi concebido para ser utilizado diretamente por alunos.

Entende-se que as orientações contidas nesse guia didático são eficientes quando ministradas para um universo de alunos cujo curso de formação esteja relacionado com a área de Meio Ambiente, não sendo adequada a sua aplicação para públicos diversos. Destaca-se que o "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1" não propõe a substituição da análise das imagens ópticas por imagens de Radar, tão pouco se presta a formar especialistas no processamento e análise de imagens oriundas de sensores ativos. Da mesma forma, nesse curso, não existe a intenção da formação específica ou aperfeiçoamento dos conhecimentos relacionados a sensoriamento remoto, Sistemas de Informação Geográfica ou análise de imagens ópticas. Essas informações são utilizadas, exclusivamente, como conteúdos complementares que colaboram para a introdução ao processamento e à interpretação das imagens de Radar Sentinel-1.

O produto apresenta a indicação de bibliografias (vide Figura 23) que podem ajudar o professor na seleção dos conteúdos, na preparação de material adicional (se assim desejar) e no aumento do repertório literário específico da área. Além disso, há acesso via *QR-Code*⁵ para vários materiais instrucionais que integram o produto (sugestão de bibliografia, explicações passo-a-passo, exemplos de problemas, orientações para atividades em sala de aula, modelos diversos, entre outros).

⁵ *QR-Code* é um código de barra bidimensional que pode ser lido facilmente por meio da utilização de aplicativos específicos instalados no celular. A partir da leitura, o código é convertido em um texto, que pode ser uma URL e o conteúdo é acessado automaticamente.

Figura 23 - Sugestão de bibliografias.



Fonte: Autoria própria (*design*: Marcella Sarah Filgueiras de Farias).

Do ponto de vista estético, o produto educacional foi pensado e desenvolvido segundo uma identidade visual, onde cada módulo apresenta conteúdos em cores diferentes, por exemplo, os conteúdos teóricos são apresentados na cor verde, as tecnologias e recursos didáticos na cor laranja, a organização da sala de aula em vermelho e as orientações pedagógicas em azul. Além disso, optou-se pelo uso de imagens que facilitem a identificação visual desse produto educacional, tanto na organização dos módulos, como na explicação dos conteúdos teóricos, quanto dos procedimentos técnicos. Por fim, houve a preocupação com a utilização de uma linguagem simples e amigável, que facilite a compreensão e a leitura, permitindo que o professor concentre toda a sua atenção nas orientações que lhe estão sendo transmitidas.

Esse produto possui registro no Sistema Internacional de Identificação de Livros e Softwares (ISBN 978-85-68504-30-7) e será disponibilizado para acesso gratuito no *site* do Curso de Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico (<http://mpet.ifam.edu.br/dissertacoes-defendidas/>), sua disponibilidade é irrestrita, mantendo-se o respeito a autoria do produto, não sendo permitido uso comercial por terceiros.

Nas próximas seções descreve-se o percurso metodológico adotado para avaliação do produto educacional que teve por objetivo responder a terceira questão de pesquisa: “Em quais aspectos as orientações do produto educacional demonstram-se eficientes ou limitadas quanto ao seu potencial para replicação por terceiros?”

A avaliação foi realizada em duas etapas: uma, por um comitê *ad hoc* constituído por Professores, Mestres e Doutores, que lecionam e/ou trabalham com sensoriamento remoto e geotecnologias. A outra etapa de avaliação foi realizada com estudantes a fim de observar se os mesmos seriam capazes de aprender noções básicas de processamento e interpretação das imagens do Radar Sentinel-1 por meio do acompanhamento autônomo do produto. Embora o produto tenha sido elaborado para ser aplicado por professores, a avaliação com estudantes foi realizada para enriquecer o *feedback* sobre o produto.

4.2 PERCURSO METODOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL PELO COMITÊ *AD HOC* DE PROFESSORES-AVALIADORES

Nesta seção é apresentado o percurso metodológico empregado para avaliação do produto educacional pelo comitê *ad hoc* de professores, assim como são apresentados e discutidos os resultados obtidos.

4.2.1 Planejamento

No âmbito desta pesquisa, após a sistematização da proposta de ensino-aprendizagem em um "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1" e da sua formatação em um "Guia Didático para Professores", composto por orientações sobre dinâmicas, problemas, conteúdos, tecnologias e outras informações, ficou planejado que esse produto educacional seria testado segundo uma das 02 (duas) atividades avaliativas apresentadas no Quadro 12.

Quadro 12 - Linhas de ação para avaliação do produto educacional.

PLANO A	A proposta de ensino-aprendizagem, agora no formato de um guia didático para professores, seria reaplicada nos mesmos termos da primeira etapa da pesquisa, porém, desta vez, ministrada por um outro professor, cuja área de atuação estivesse relacionada com sensoriamento remoto e/ou geotecnologias. Essa segunda aplicação teria a finalidade de realizar a <u>validação prática</u> do produto educacional, por meio da avaliação da sua capacidade de replicação por outro professor.
PLANO B	A proposta de ensino-aprendizagem, agora no formato de um guia didático para professores, seria submetida a avaliação de professores, cujas áreas de atuação estivessem diretamente relacionadas com sensoriamento remoto e/ou geotecnologias. Essa avaliação teria a finalidade realizar a <u>validação teórica</u> do produto educacional, pois entende-se que, professores que trabalham profissionalmente com sensoriamento remoto e/ou geotecnologias são autoridades competentes e suficientes para validar o produto didático proposto e avaliar a sua capacidade de replicação em outros contextos educacionais.

Fonte: Autoria própria.

No âmbito desta pesquisa, a intenção prioritária seria realizar a atividade avaliativa proposta no Plano A do Quadro 12, porém, tendo em vista os fatores de risco, como indisponibilidade de local para aplicação, ausência de professor voluntário, dentre outros, que poderiam comprometer a realização dessa avaliação prática, foi elaborada a segunda linha de ação, a fim de que eventuais contratemplos não comprometessem a conclusão da pesquisa.

Seguindo o Planejamento proposto, foram realizadas as etapas de Preparação e Seleção dos Avaliadores, conforme apresentados a seguir.

4.2.1.1 Preparação

O processo de avaliação do produto educacional foi precedido por, pelo menos, 02 (dois) imprevistos que afetaram diretamente o cronograma da pesquisa: (i) no dia 22/07/19, durante o processo de sistematização do produto educacional, este pesquisador foi comunicado que seria exonerado da função que ocupava no seu trabalho, inclusive, na mesma data, um substituto havia sido nomeado. Essa informação, além de uma incerteza profissional e familiar, gerou uma instabilidade no âmbito desta pesquisa, pois, a qualquer momento, seria comunicada ao pesquisador a sua transferência de cidade; (ii) além desse primeiro imprevisto, em agosto de 2019, a professora, que havia se prontificado a realizar a atividade avaliativa prevista no Plano A do Quadro 12, comunicou ao pesquisador que, devido a sua mudança de trabalho, não teria mais disponibilidade para ministrar uma nova aplicação do curso.

Dessa forma, em que pese a preferência pelo Plano A das atividades avaliativas, em favor da garantia da conclusão da pesquisa, optou-se pela execução do Plano B do Quadro 12. Para tanto, em agosto de 2019, foram iniciadas as medidas administrativas necessárias para a realização da avaliação por um comitê ad hoc de professores. Nesse sentido, foram preparadas cópias digitais (.pdf) do "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1 - Guia Didático para Professores" para serem entregues aos professores-avaliadores, bem como, foram previamente elaborados 03 (três) documentos de referência para essa etapa da pesquisa: (i) o TCLE para preenchimento dos professores-avaliadores participantes da pesquisa; (ii) um Questionário Inicial onde constam questões sobre o perfil profissional e acadêmico dos professores-avaliadores; (iii) um questionário de Avaliação do Produto Educacional.

Após isso, foi selecionado e convidado um grupo de Professores, Mestres e Doutores que lecionam e/ou trabalham diretamente com sensoriamento remoto e geotecnologias para participarem da pesquisa. Esses profissionais, após serem informados sobre os aspectos

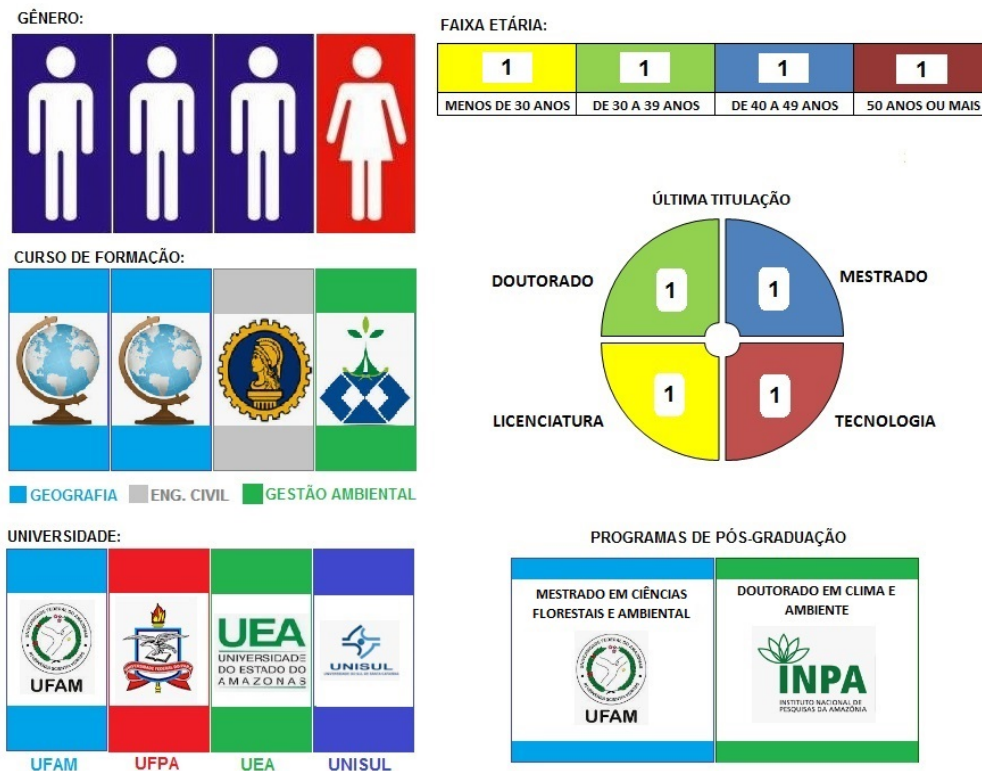
relevantes deste trabalho, aceitaram participar do processo de avaliação da replicabilidade do produto educacional.

4.2.1.2 Professores-Avaliadores

Considerando o escopo desta pesquisa, o processo de avaliação do produto educacional foi elaborado buscando reunir avaliações de um grupo tão diversificado de avaliadores quanto possível, a exemplo de como são diversificados os níveis de formação e as especialidades dos professores que ministram disciplinas relacionadas a sensoriamento remoto e geotecnologias⁶.

Nesse contexto, foi reunido um grupo heterogêneo composto por 04 (quatro) Professores, Mestres e Doutores de diferentes especialidades, níveis de formação, faixa etárias e instituição de origem, sendo que todos lecionam e/ou trabalham diretamente com sensoriamento remoto e geotecnologias. O perfil desse grupo de avaliadores está caracterizado na Figura 24.

Figura 24 - Caracterização do grupo de professores-avaliadores.

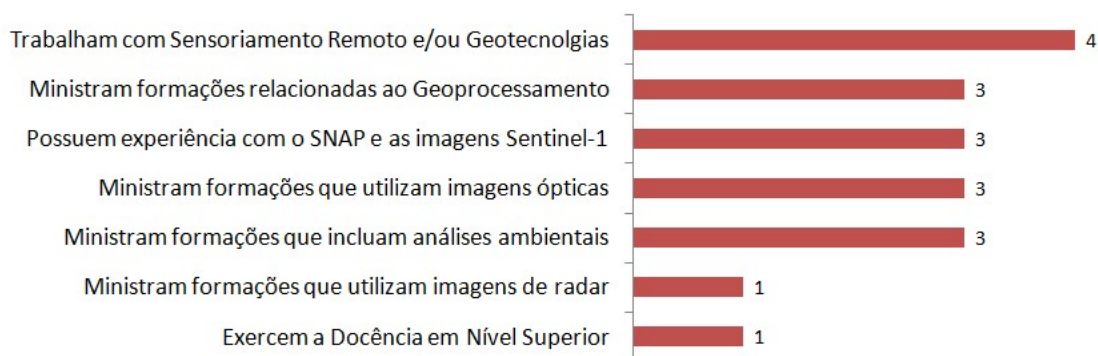


Fonte: Autoria própria.

⁶ Informação apresentada em slide, pela Profª Drª Tatiana Silva da Silva, durante a palestra "A atuação do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da UFRGS em iniciativas de interesse social", realizada no XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, em Santos-SP, em 14 de abril de 2019.

Com relação a experiência dos professores-avaliadores no âmbito do sensoriamento remoto e das geotecnologias, a Figura 25 apresenta uma caracterização do perfil de atuação desse seletivo grupo de profissionais especializados.

Figura 25 - Perfil de atuação dos 04 (quatro) professores-avaliadores.



Fonte: Autoria própria.

A heterogeneidade e a experiência dos professores-avaliadores foi fundamental para avaliar o potencial de replicabilidade do produto educacional.

A título de informação, cabe registrar a dificuldade encontrada para conseguir professores-avaliadores com o perfil profissional adequado e disponibilidade de tempo necessários para participarem desta atividade avaliativa. Ao mesmo tempo, destaca-se a atenção, o interesse e o esmero demonstrados pelos professores voluntários que participaram desta etapa da pesquisa.

4.2.1.3 Questão de Pesquisa

A avaliação do produto educacional foi realizada, dentre outros motivos, com o objetivo de responder a terceira questão de pesquisa: Em quais aspectos as orientações do produto educacional demonstram-se eficientes ou limitadas quanto ao seu potencial para replicação por terceiros?

Essa questão de pesquisa busca testar o produto educacional quanto a sua replicabilidade por outros professores.

4.2.2 Execução e Coleta de Dados

Para a execução da avaliação, todos os professores-avaliadores receberam, em formato digital (.pdf), uma cópia do "Guia Didático para Professores" e foram orientados,

individualmente, a proceder da seguinte forma: (i) antes do início das atividades de avaliação, o professor foi convidado a preencher o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); (ii) após isso, foi orientado a preencher o Questionário Inicial, o qual continha questões sobre o perfil profissional e acadêmico do avaliador; (iii) em seguida, o professor deveria analisar o produto educacional que recebeu, avaliando-o segundo sua perspectiva de atuação e o seu contexto educacional; (iv) por fim, com base na sua análise, o professor deveria preencher o questionário de Avaliação do Produto Educacional.

O questionário de Avaliação do Produto Educacional continha 17 (dezessete) questões fechadas sobre a qualidade, a organização, a relevância, a adequação e a replicabilidade do curso proposto. Além dessas, trazia mais 03 (três) questões abertas nas quais os professores-avaliadores poderiam opinar sobre as eventuais dificuldades para replicação, os pontos fortes e as oportunidades de melhoria do "Guia Didático para Professores". Essa atividade foi realizada de forma individual e descentralizada, no período de setembro a outubro de 2019, de acordo com disponibilidade de tempo de cada professor. Nesse sentido, em respeito às atribuições pessoais e profissionais de cada avaliador, foi sugerido um prazo de 15 (quinze) dias para que eles entregassem suas respostas.

4.2.3 Resultados e Discussões

Nesta seção, serão apresentados os resultados e as discussões sobre a terceira questão de pesquisa, bem como um sumário de outras considerações apresentadas pelos professores-avaliadores sobre o produto educacional.

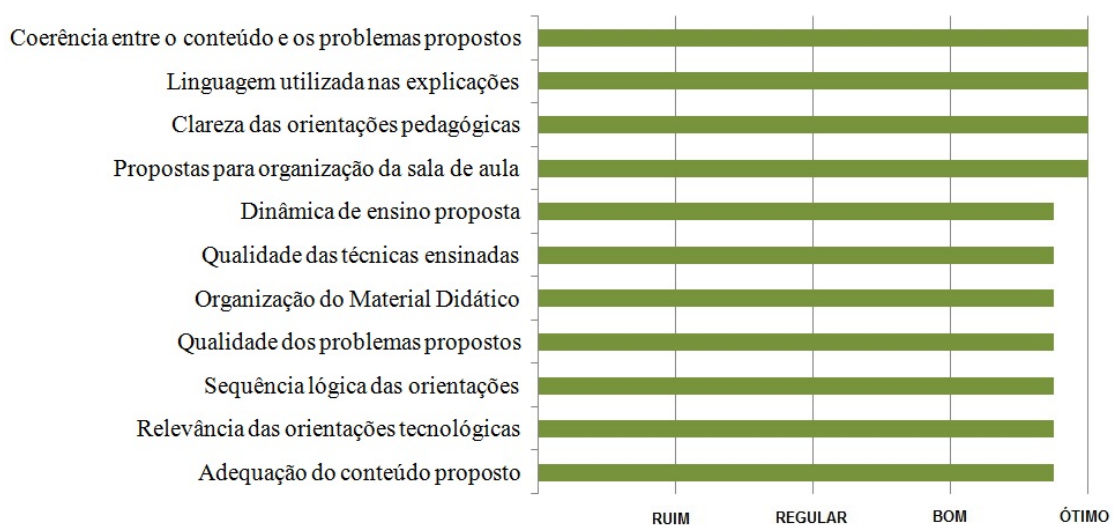
4.2.3.1 *Questão de Pesquisa 3 (QP3)*

QP3 - Em quais aspectos as orientações do produto educacional demonstram-se eficientes ou limitadas quanto ao seu potencial para replicação por terceiros?

Os resultados obtidos das avaliações realizadas pelos Professores, Mestres e Doutores trazem evidências de que o produto educacional, além de adequado e relevante, é replicável em diferentes contextos educacionais.

Na Figura 26, são apresentadas as opiniões dos professores-avaliadores com relação a aspectos relevantes para a replicabilidade do produto educacional. Os valores das barras (Figura 26) foram calculadas com base na média das avaliações de todos os avaliadores para cada um dos itens descritos a seguir.

Figura 26 - Avaliação do produto educacional quanto a qualidade, organização, adequação e relevância.



Fonte: Autoria própria.

Ainda com relação a análise dos dados obtidos, todos os professores-avaliadores foram unânimes em afirmar que:

(i) Sentem-se capazes de reproduzir um "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1" segundo as orientações contidas no "Guia do Professor";

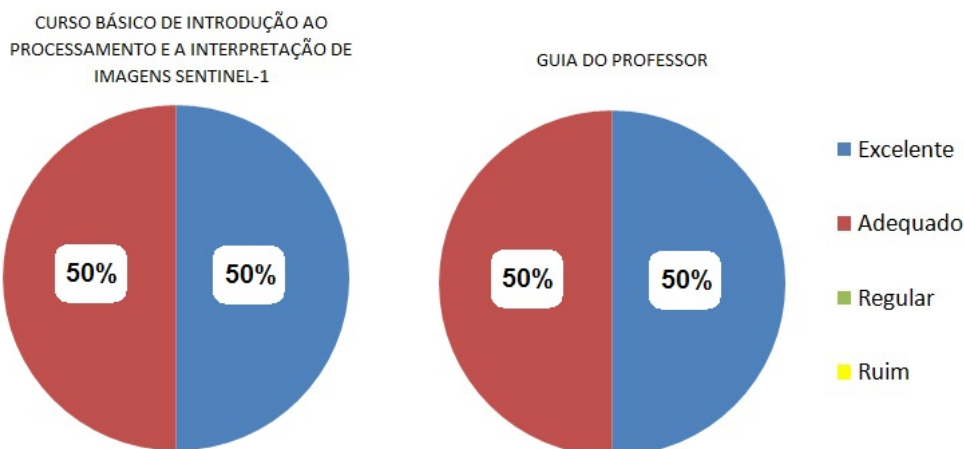
(ii) Acreditam que as orientações contidas no "Guia do Professor" são replicáveis em diferentes contextos educacionais;

(iii) Avaliam que as orientações contidas no "Guia do Professor" conseguem atingir os objetivos propostos, ou seja, orientar o professor na realização de um "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1";

(iv) Acreditam que, no caso da replicação de um "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1", seguindo as orientações contidas no "Guia do Professor", alunos teriam condições de adquirir noções básicas de processamento e interpretação das imagens Sentinel-1.

Na Figura 27, apresenta-se a avaliação geral do "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1" e do "Guia do Professor", segundo o ponto de vista dos professores-avaliadores.

Figura 27 - Avaliação geral do Produto Educacional e do Guia do Professor.



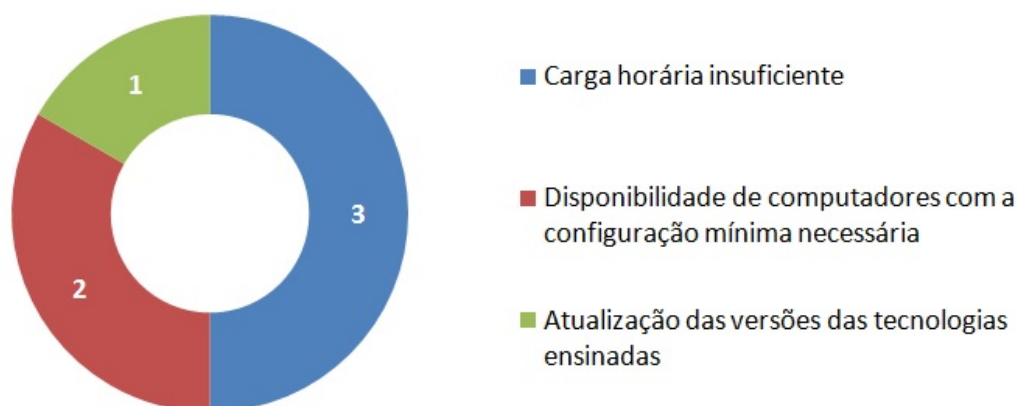
Fonte: Autoria própria.

Dessa forma, respondendo a QP3 com base nas avaliações de Professores, Mestres e Doutores especialistas em sensoriamento remoto e geotecnologias, há evidências de que a proposta de ensino-aprendizagem apresentada nesta pesquisa, a qual foi sistematizada em um "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1" e formatada como um "Guia Didático para Professores", é replicável por terceiros tendo em vista a relevância e a coerência dos conteúdos e dos problemas propostos, a qualidade das técnicas ensinadas, a eficiência da dinâmica aplicada em sala de aula, a clareza da linguagem utilizada nas explicações, a organização do material didático e a adequação das orientações pedagógicas e tecnológicas apresentadas.

Ainda sobre a avaliação da replicabilidade do produto educacional, além das questões fechadas apresentadas anteriormente, os professores-avaliadores foram perguntados, em questão aberta, sobre quais seriam as dificuldades para replicação do "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1", segundo as orientações contidas no "Guia do Professor"?

Nesse sentido, na Figura 28 é apresentada uma consolidação das respostas de todos os professores-avaliadores sobre as eventuais dificuldades para replicação do produto educacional.

Figura 28 - Quantidade de menções a possíveis dificuldades para replicação do produto educacional.



Fonte: Autoria própria.

Analisando e discutindo os 03 (três) aspectos mencionados como potenciais dificuldades para a replicabilidade do produto educacional:

a) Carga horária insuficiente: Considerando que esse curso não possui um conjunto de conteúdos pré-estabelecido a ser ministrado, tão pouco um formato fixo para aplicação, podendo ser trabalhado como uma Disciplina do currículo, um Conteúdo de Disciplina ou, até mesmo, um Curso de Extensão, cabe ao professor o dimensionamento da carga horária ideal ou necessária para a aplicação desse produto educacional no âmbito do seu contexto profissional. Neste trabalho, propunha-se uma carga horária mínima de 30 (trinta) horas, a qual foi testada com sucesso segundo os critérios estabelecidos nesta pesquisa. Porém, considerando que nessa aplicação, que serviu como teste de suficiência para a carga horária, não registrou-se a ocorrência de imprevistos ou contra-tempos e que o professor aplicador foi o próprio pesquisador que elaborou o curso em questão, portanto, possuía domínio completo sobre a proposta de ensino-aprendizagem, deduz-se que uma carga horária de 30 (trinta) horas possa ser insuficiente quando aplicada por outros professores em condições menos favoráveis. Ainda e principalmente, considerando que a possibilidade da carga horária mínima ser insuficiente já havia sido um tema observado em etapas anteriores da pesquisa (Exame de Qualificação) e que essa questão foi novamente levantada pelos professores que avaliaram o produto educacional, decidiu-se por ampliar a indicação de carga horária mínima para 40 (quarenta) horas, atendendo as sugestões. É importante destacar, mais uma vez, que essa é apenas uma recomendação de carga horária mínima e que essa variável pode ser ajustada, de acordo com a necessidade e o contexto de cada professor. Ainda, cabe considerar que, por se tratar de uma proposta de ensino-aprendizagem eminentemente prática, turmas muito

numerosas podem impactar diretamente na carga horária necessária para a realização do curso.

b) Disponibilidade de computadores com a configuração mínima recomendada:

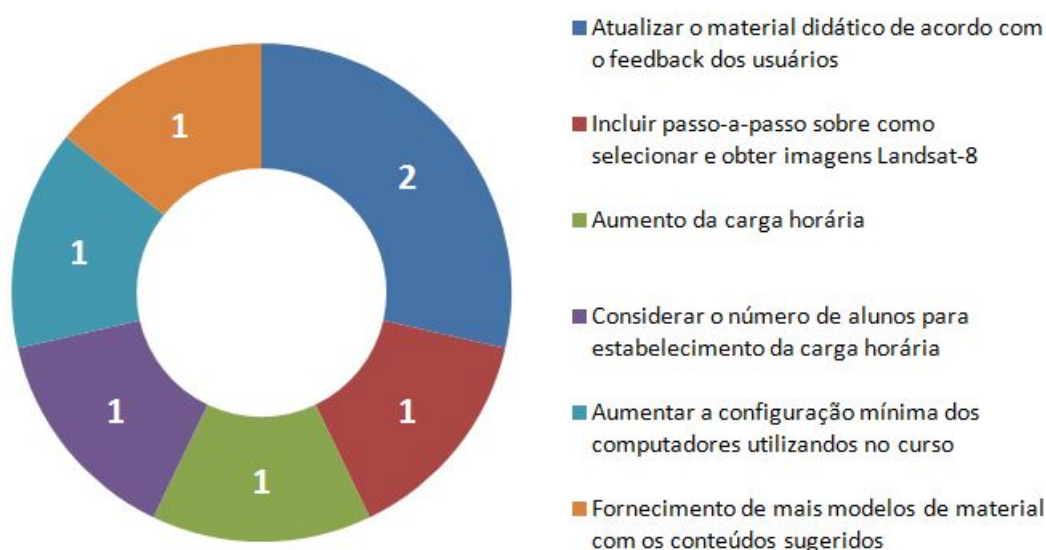
Durante a avaliação do produto educacional, foi aventada a possibilidade de alguns laboratórios de informática não atenderem aos requisitos tecnológicos mínimos recomendados para a realização desse curso. Sobre essa questão, infelizmente não se considera possível replicar, com qualidade, o produto educacional em computadores com configuração inferior ao recomendando no guia didático. Na verdade, essa configuração já é uma recomendação mínima, que, inclusive, foi criticada durante o processo de avaliação do produto educacional por ser básica. Porém, no âmbito desta pesquisa, buscou-se um equilíbrio entre os recursos mínimos necessários e aquilo que está disponível nas instituições de ensino no Brasil, resultando numa recomendação de configuração que não é a ideal, mas que, ainda assim, permite a realização do curso em condições adequadas. Considerando-se que esse produto educacional é direcionado a professores que já ministram disciplinas relacionadas ao sensoriamento remoto, geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas ou análise de imagens de satélite, acredita-se que, possivelmente, os mesmos já disponham de laboratórios de informática que possuam a configuração mínima recomendada.

c) Atualização das versões das tecnologias ensinadas: O produto educacional foi elaborado e ilustrado com base nas versões de *softwares* informadas nas recomendações tecnológicas do curso. Analisando a evolução das versões anteriores dos mesmos *softwares*, entende-se que as orientações apresentadas nesse curso são compatíveis e podem ser adaptáveis às versões posteriores dos mesmos recursos tecnológicos, uma vez que não foram verificadas alterações significativas em versões mais recentes. Ainda assim, não se descarta a possibilidade de, no futuro, haver a necessidade de se realizar uma atualização desse produto educacional.

4.2.3.2 *Outras considerações dos professores sobre o produto educacional*

Além da avaliação sobre a replicabilidade do produto educacional, os professores-avaliadores foram convidados a expressarem suas opiniões, em questões abertas, sobre o que poderia ser melhorado no "Guia Didático para Professores" e um sumário das respostas obtidas está apresentado na Figura 29.

Figura 29 - Quantidade de menções a oportunidades de melhora no produto educacional.



Fonte: Autoria própria.

Seguindo a ordem em que os temas estão listados na Figura 29, percebe-se que a sugestão mais mencionada entre os professores-avaliadores refere-se ao acompanhamento do *feedback* dos professores que utilizarem esse produto educacional, a fim de que sejam colhidos relatos de experiência que possam contribuir para o aprimoramento do curso. Essa sugestão é considerada importante, porém, só é possível implementá-la em trabalhos futuros.

Sugeriu-se, também, a inclusão de um passo-a-passo no Módulo II que orientasse os professores sobre como selecionar e obter imagens Landsat-8. Essa solicitação foi atendida e o produto educacional foi alterado.

Ainda, considerou-se a necessidade de que fosse aumentada a carga horária do curso. Conforme apresentado na seção anterior, essa sugestão foi aceita e, atualmente, a carga horária mínima indicada para execução desse curso é de 40 (quarenta) horas.

Também foi proposto aumentar a recomendação de configuração mínima para os laboratórios de informática, porém, conforme explicado na seção anterior, no âmbito desta pesquisa, buscou-se um equilíbrio entre os recursos mínimos necessários e aquilo que está disponível no contexto educacional brasileiro, resultando numa recomendação que não é a ideal, mas que permite a realização desse curso em condições adequadas.

Outra sugestão apresentada, foi aumentar o número de modelos de conteúdos fornecidos durante o curso. Apesar dessa sugestão ser relevante, considera-se que essa proposta extrapole os objetivos do produto educacional, uma vez que os modelos inseridos no

guia didático possuem a finalidade exclusiva de servir como fonte de inspiração e orientação para os professores elaborarem os seus próprios conteúdos. Ainda assim, essa sugestão será útil no desenvolvimento de trabalhos futuros.

Finalmente, os professores-avaliadores foram convidados a expressarem suas opiniões, em questões abertas, sobre quais seriam as principais qualidades do produto educacional e um sumário das respostas obtidas está apresentado na Figura 30.

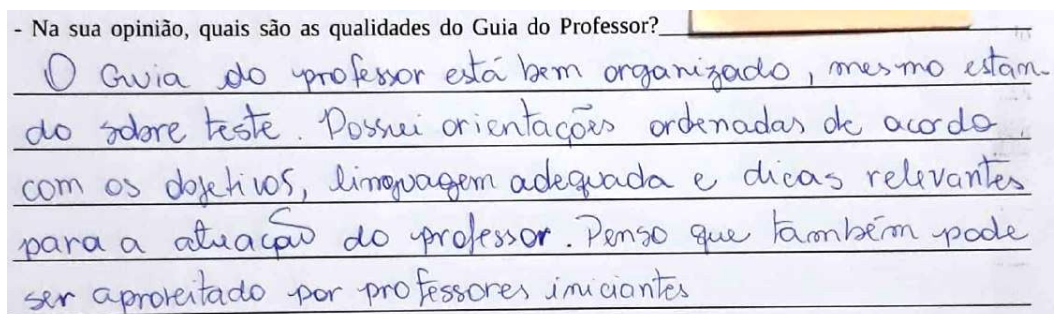
Figura 30 - Quantidade de menções às qualidades do produto educacional.



Fonte: Autoria própria.

Nas Figuras 31, 32, 33 e 34, é possível verificar, ao menos, uma opinião de cada professor-avaliador.

Figura 31 - Opinião do professor-avaliador 01.



Fonte: Resposta do Professor 01.

Figura 32 - Opinião do professor-avaliador 02.

- Na sua opinião, quais são as qualidades do Guia do Professor? EFICAZ, OBJETIVO E PRÁTICO. NO GUIA APRESENTADO CONSEGUIU HARMONIZAR UM ASSUNTO TECNOLÓGICO DE RADAR, QUE É COMPLEXO, DE MANEIRA DIDATICAMENTE AMIGÁVEL E INCENTIVADOR AOS ALUNOS E PROFESSORES.

Fonte: Resposta do Professor 02.

Figura 33 - Opinião do professor-avaliador 03.

- Na sua opinião, quais são as qualidades do Guia do Professor? A principal qualidade do guia é a orientação ao professor, facilitando a aprendizagem do aluno, a estrutura do guia ajuda o aluno a construir uma base antes de chegar no assunto radar.

Fonte: Fonte: Resposta do Professor 03.

Figura 34 - Opinião do professor-avaliador 04.

- Na sua opinião, quais são as qualidades do Guia do Professor? O GUIA ESTÁ FORMATADO COM BASTANTE CLAREZA, DE UMA FORMA "VÍDEO BOLA" É POSSÍVEL A REPLICAO DO CONTEÚDO PROPOSTO.

Fonte: Resposta do Professor 04.

Como é possível observar, aspectos como eficácia, objetividade, clareza, praticidade e replicabilidade do produto educacional foram destacados pelos professores-avaliadores em questões abertas, sendo que, na opinião desses, as maiores virtudes desse produto é a organização do conteúdo, as orientações apresentadas e a linguagem adequadamente utilizada.

4.3 AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL REALIZADA POR ESTUDANTES

Mesmo não fazendo parte das atividades avaliativas previstas, apresentadas anteriormente (Quadro 12), a fim de enriquecer o processo de avaliação do produto

educacional, decidiu-se por realizar uma avaliação com estudantes, pois embora o produto seja aplicado por professores, o foco está em proporcionar aprendizagem aos alunos.

Essa atividade de avaliação teve como objetivo verificar se estudantes, com alguma experiência em sensoriamento remoto e geotecnologias, seriam capazes compreender as orientações do produto e de aprender noções básicas de processamento e interpretação das imagens do Radar Sentinel-1 por meio do acompanhamento autônomo do "Guia Didático para Professores". Os detalhes dessa atividade avaliativa serão descritos a seguir.

4.3.1 Planejamento

Mesmo estando estabelecido que o produto educacional foi formatado como um "Guia Didático para Professores" e, por esse motivo, não seria recomendada a sua utilização diretamente por alunos, decidiu-se avaliar quais seriam os resultados dessa tentativa de auto-formação.

Sabe-se que a linguagem utilizada no guia didático não "conversa" diretamente com alunos, uma vez que o texto é formatado para transmissão de orientações a professores que irão aplicá-las em suas turmas de alunos. Ainda, que os Módulo I e II não oferecem conteúdos específicos definidos, mas apenas orientações que dependem do conhecimento prévio e experiência profissional dos professores que irão replicar esse curso.

Por outro lado, sabe-se que os módulos III e IV, que constituem o núcleo dos conteúdos transmitidos nesse produto educacional, são minuciosamente detalhados para, inclusive, atender àqueles professores que ainda não possuam conhecimento prévio sobre o SNAP e as imagens de Radar Sentinel-1.

Assim sendo, surgiu uma Questão de Pesquisa Adicional: Estudantes oriundos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, que possuam experiência prévia com sensoriamento remoto e geotecnologias, poderiam aprender noções básicas de processamento e interpretação das imagens do Radar Sentinel-1 por meio da utilização autônoma desse produto educacional?

A fim de sanar essa inquietação, ainda que o produto educacional não tenha sido elaborado com essa finalidade, foi planejada uma atividade avaliativa adicional, cuja Preparação, Seleção dos Avaliadores e Questão de Pesquisa são apresentadas a seguir.

4.3.1.1 Preparação

Para a realização da validação adicional do produto educacional, em outubro de 2019, foram iniciadas as medidas administrativas necessárias para a atividade de avaliação realizada por estudantes. Nesse sentido, foram preparadas cópias digitais (.pdf) e impressas exclusivamente do Módulo III e das questões do Módulo IV do "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1 - Guia Didático para Professores" para serem entregues aos estudantes-avaliadores. Destaca-se que, nesta avaliação, somente foram considerados os módulos III e IV, pois são aqueles que contêm os conteúdos, as atividades e os problemas relacionados às imagens de Radar.

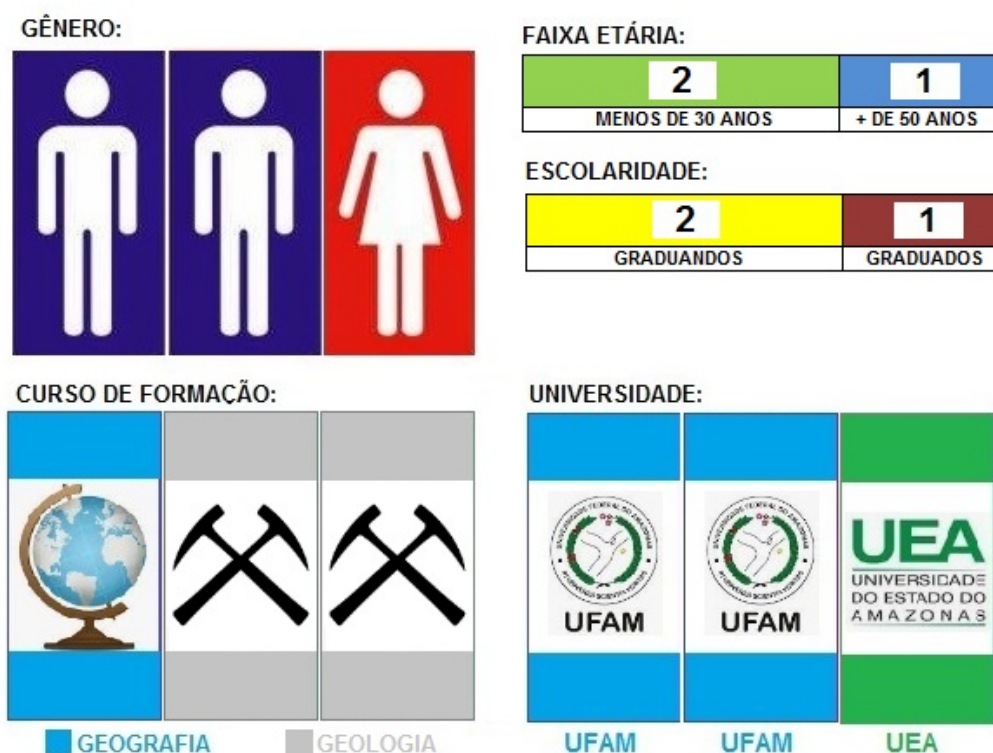
Também foram previamente elaborados 03 (três) documentos de referência para essa etapa da pesquisa: (i) o TCLE para preenchimento dos estudantes-avaliadores participantes da pesquisa; (ii) um Questionário Inicial onde constam questões sobre o perfil dos estudantes-avaliadores; (iii) um questionário de Avaliação do Material Didático.

Após isso, foi selecionado e convidado um grupo de graduandos e graduados em Cursos Superiores relacionados ao Meio Ambiente para participarem da pesquisa. Esses estudantes, cujo perfil será apresentado a seguir, após serem informados sobre os aspectos relevantes deste trabalho, aceitaram participar do processo de avaliação do produto educacional.

4.3.1.2 Estudantes-Avaliadores

Considerando o propósito desta atividade avaliativa adicional, foi reunido um grupo composto por 03 (três) graduandos e graduados em Cursos Superiores relacionados ao Meio Ambiente, com diferentes níveis de experiência prévia em sensoriamento remoto e geotecnologias, cujo perfil está caracterizado na Figura 35.

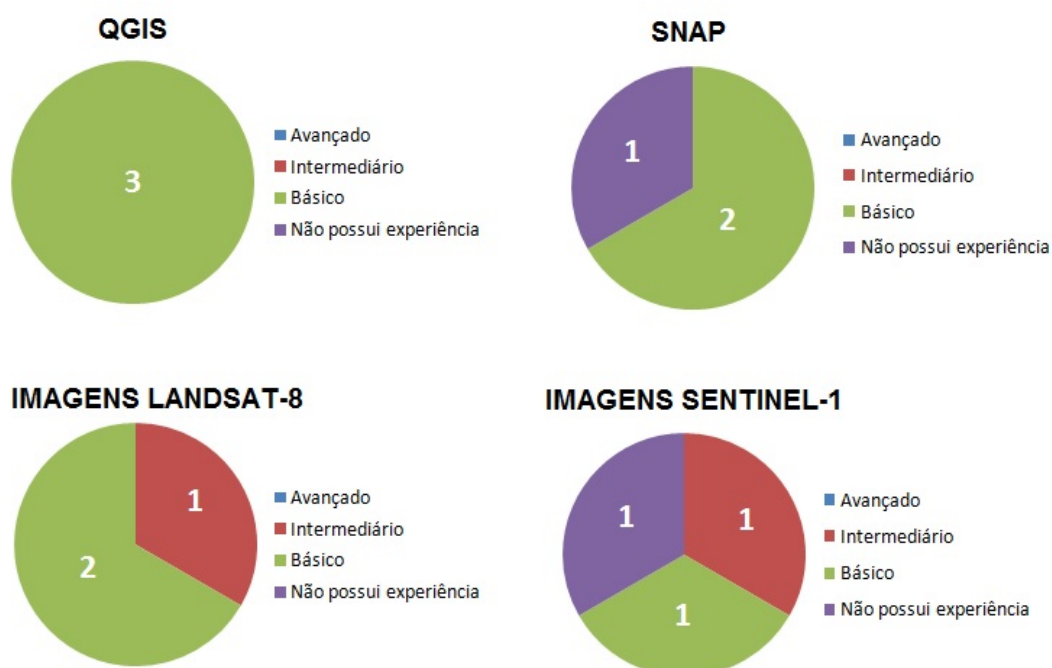
Figura 35 - Caracterização do grupo de estudantes-avaliadores.



Fonte: Autoria própria.

Com base nas respostas fornecidas pelos estudantes, a um questionário de auto-avaliação, elaborou-se uma caracterização da experiência prévia desses avaliadores nas geotecnologias abordadas no curso, a qual é apresentada na Figura 36.

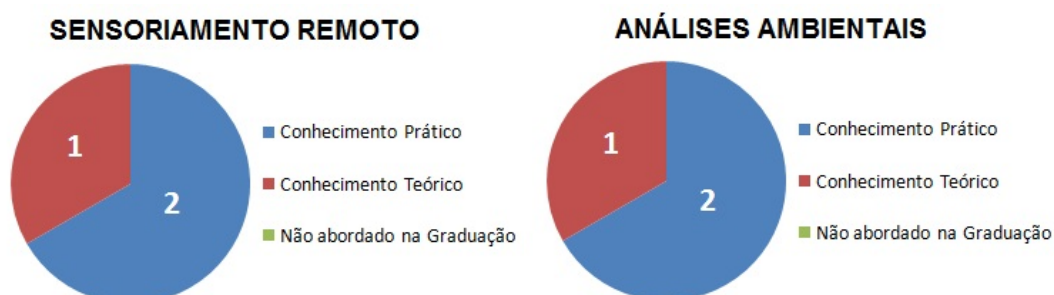
Figura 36 - Experiência prévia dos estudantes-avaliadores nas geotecnologias abordadas no curso.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 37 apresenta uma caracterização da experiência prévia dos estudantes-avaliadores com base nos conhecimentos adquiridos durante o Curso de Graduação.

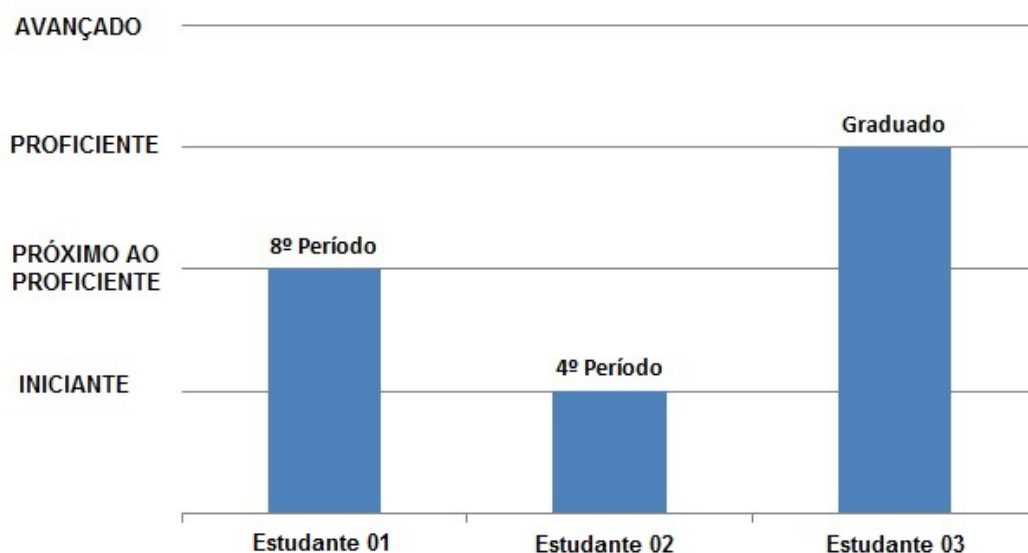
Figura 37 - Experiência dos estudantes-avaliadores em atividades realizadas durante a Graduação.



Fonte: Autoria própria.

Com base na análise da experiência autodeclarada pelos estudantes-avaliadores, poder-se-ia classificá-los em 03 (três) níveis com relação aos seus conhecimentos prévios em sensoriamento remoto e geotecnologias: (i) Estudante 01 - Próximo ao Proficiente; (ii) Estudante 02 - Iniciante; (iii) Estudante 03 - Proficiente, conforme pode ser observado na Figura 38.

Figura 38 - Nível de conhecimento prévio autodeclarado e escolaridade dos estudantes-avaliadores.



Fonte: Autoria própria.

Essa diferença também é observada no que se refere aos conhecimentos relacionados ao *software* SNAP e as imagens Sentinel-1, conforme demonstrado anteriormente (Figura 38). Essa heterogeneidade nos níveis de conhecimento prévio dos estudantes-avaliadores é um aspecto desejável para esta atividade avaliativa.

4.3.1.3 Questão de Pesquisa Adicional (QPA)

Esta atividade avaliativa foi realizada com o objetivo de responder a uma questão de pesquisa adicional: Estudantes oriundos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, que possuam experiência prévia com sensoriamento remoto e geotecnologias, poderiam aprender noções básicas de processamento e interpretação das imagens do Radar Sentinel-1 por meio da utilização autônoma desse produto educacional?

A questão de pesquisa extraordinária busca testar o produto educacional quanto a sua capacidade de ser utilizado diretamente por alunos.

4.3.2 Execução e Coleta de Dados

Para a execução da avaliação, todos os estudantes-avaliadores receberam, em formato digital (.pdf) ou impresso, de acordo com a preferência de cada um, um material didático contendo exclusivamente o Módulo III e as questões práticas do Módulo IV do "Guia Didático para Professores" e foram orientados da seguinte forma: (i) antes do início das atividades de avaliação, o estudante foi convidado a preencher o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); (ii) após isso, foi orientado a preencher o Questionário Inicial, o qual continha questões sobre o perfil do avaliador; (iii) em seguida, o estudante foi informado que o material didático que ele estava recebendo era parte de um "Guia Didático para Professores" e, por esse motivo, a linguagem utilizada no texto poderia não fazer sentido em alguns momentos; (iv) em seguida, o estudante deveria estudar o Módulo III que havia recebido e, após isso, tentar resolver os problemas que lhe foram entregues; (v) por fim, o estudante deveria analisar o material didático que recebeu e, com base na sua análise, deveria preencher o questionário de Avaliação do Material Didático.

O questionário de Avaliação do Material Didático continha 14 (quatorze) questões fechadas sobre a qualidade, a organização, a relevância, a adequação e a facilidade de uso do material didático fornecido. Além dessas, trazia mais 03 (três) questões abertas nas quais os estudantes-avaliadores poderiam expressar as dificuldades que tiveram para seguir as orientações e realizar as atividades constantes do material que recebeu e, também, foram convidados a opinar sobre os pontos fortes e as oportunidades de melhoria desse material.

Para a realização desta atividade avaliativa, os estudantes-avaliadores foram instruídos a seguir as orientações contidas no material didático fornecido, bem como a realizar todas as atividades práticas propostas da maneira como eles entendessem ser correto, a partir das

orientações contidas no produto. Ainda, foram informados que somente seriam esclarecidas dúvidas que não tivessem relação com o material didático fornecido.

Devido às circunstâncias da avaliação do produto educacional, os estudantes-avaliadores realizaram todas as atividades práticas propostas no Módulo IV de maneira autônoma, individual e descentralizada, não sendo possível a realização das atividades em grupo.

Assim sendo, após estudarem o conteúdo do Módulo III, os estudantes-avaliadores foram desafiados a resolverem 03 (três) tipos de problema: (01) o primeiro, versando sobre a investigação de uma área que possivelmente estaria sendo alvo de um desmatamento ilegal, devendo confirmar ou não essa informação, determinar o tamanho da área desmatada e descrever detalhadamente como chegou a essas conclusões; (02) o segundo, versando sobre uma denúncia da existência de extração mineral ilegal no leito de um rio do Amazonas, devendo confirmar ou não essa informação, determinando a localização dos garimpos, o tamanho da área destruída e descrever como chegaram a essa conclusão; (03) por fim, o terceiro problema, versando sobre a determinação de uma área alagada, confirmando ou não a possibilidade da enchente atingir uma comunidade ribeirinha de Manaus/AM e descrevendo detalhadamente as técnicas utilizadas para chegar a essa conclusão.

A exemplo daquilo que foi estabelecido na aplicação da proposta de ensino-aprendizagem em sala de aula, o terceiro problema, que está descrito no Quadro 11 da seção 3.2, foi considerado como a atividade de referência para determinação dos níveis de desempenho dos estudantes-avaliadores, uma vez que, para sua resolução, deveriam evidenciar todas as habilidades avaliadas nesta pesquisa.

A distribuição desse material didático foi realizada no mês de novembro de 2019, de acordo com disponibilidade de cada estudante. A intenção dessa atividade avaliativa foi simular a situação em que um estudante adquire o "Guia Didático para Professores", da maneira como ele foi elaborado, seja numa livraria, numa biblioteca ou como um e-book e se dispõe a aprender esse conteúdo por conta própria. Os resultados dessa avaliação são apresentados a seguir.

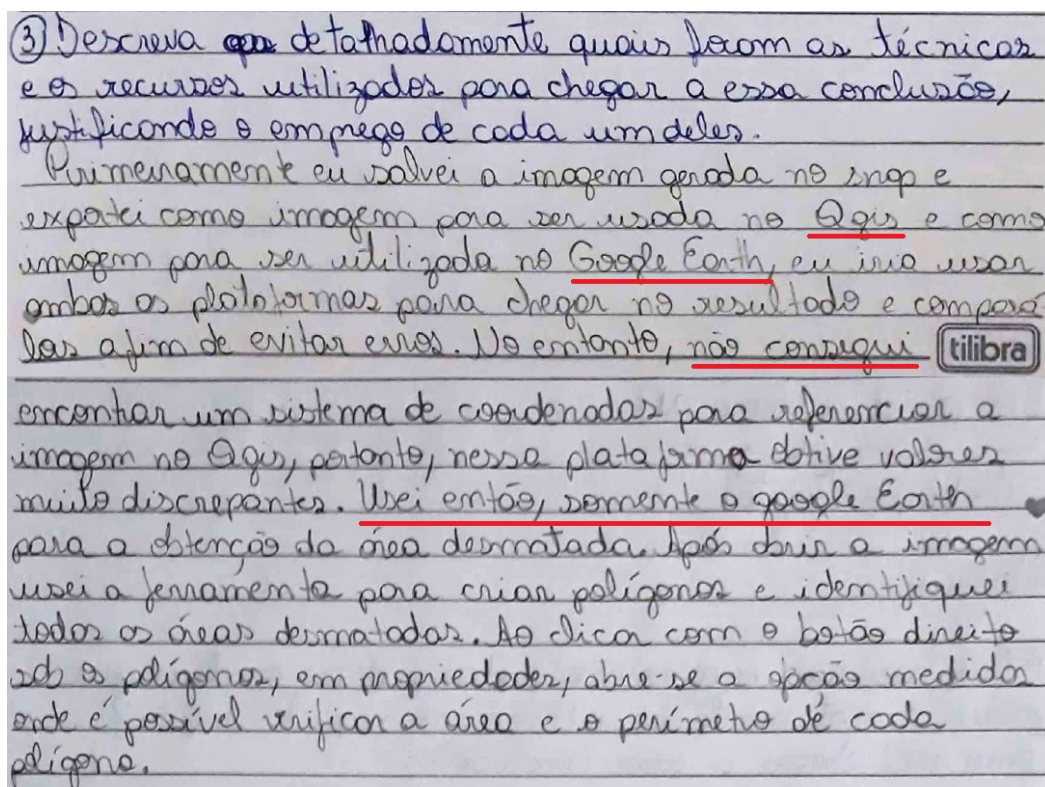
4.3.3 Resultados e Discussões

Com relação à QPA, os resultados obtidos trazem evidências de que, mesmo o "Guia Didático para Professores" não tendo sido elaborado para ser utilizado diretamente por alunos, graduandos e graduados em Cursos Superiores relacionados ao Meio Ambiente, com

experiência prévia em sensoriamento remoto e geotecnologias, podem adquirir noções básicas de processamento e interpretação de imagens do Radar Sentinel-1, por meio da utilização direta desse produto educacional.

Analisando as respostas apresentadas pelos estudantes-avaliadores para os 03 (três) problemas propostos, observou-se que, estudantes com menor experiência prévia nas geotecnologias exigidas nesse produto educacional tiveram alguma dificuldade em integrar recursos que não estavam explicados no Módulo III. Por exemplo, no primeiro e no segundo problemas recomendava-se que o estudante exportasse a imagem processada no SNAP para o QGIS e então calculasse as áreas solicitadas. Por possuir um conhecimento apenas básico no QGIS, o Estudante 01 não conseguiu utilizar esse *software* adequadamente e, por esse motivo, recorreu às ferramentas do *Google Earth* para calcular áreas, conforme pode ser observado na Figura 39. Possivelmente por esse motivo, verificou-se uma falta de precisão nas suas respostas para os Problemas 01 e 02.

Figura 39 - Exemplo de resposta apresentada pelo estudante-avaliador 01.



Fonte: Resposta do estudante-avaliador 01.

Observou-se, também, o caso particular do Estudante 02 que, por possuir menor experiência prévia em sensoriamento remoto, teve alguma dificuldade para identificar os eventos analisados. Esse estudante chegou a recorrer ao pesquisador durante o processo de avaliação para perguntar: "Como eu identifico o evento analisado na imagem?". Recebendo

como resposta: "Se você realizou o processamento da imagem Sentinel-1 de maneira correta, os eventos investigados serão evidenciados em tom avermelhado". Essa resposta foi fornecida ao Estudante 02 por haver a convicção de que não comprometeria o processo de avaliação do produto educacional.

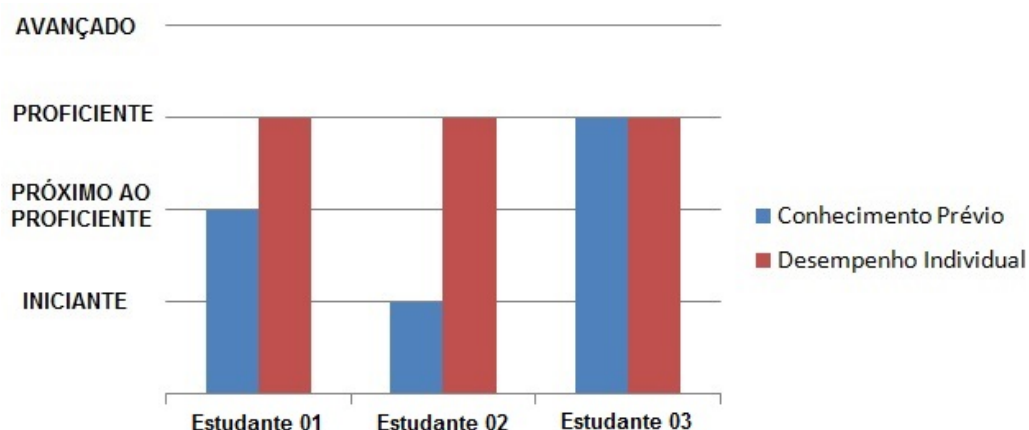
Por outro lado, o Estudante 03, possivelmente por possuir maior experiência prévia em sensoriamento remoto e geotecnologias, conseguiu seguir todas as orientações e atividades propostas no material didático que recebeu, sem evidenciar nenhum tipo de dificuldade específica.

Porém, quando os estudantes-avaliadores foram instados a resolver problema que envolviam exclusivamente os conteúdos apresentados no Módulo III do material didático que receberam, observou-se que os seus desempenhos individuais, independentemente do nível de experiência prévia com sensoriamento remoto e geotecnologias, foi muito similar ao desempenho individual dos alunos que realizaram o curso em sala de aula.

Essa avaliação foi realizada com base na resolução do terceiro problema do Módulo IV (Quadro 11 da seção 4.1.2) e o desempenho calculado com base na rubrica elaborada para esta pesquisa (Quadro 9 da seção 3.4). Dos resultados obtidos, constatou-se que todos os estudantes-avaliadores atingiram o nível Avançado de desempenho para a habilidade INTERPRETAR, porém, cometeram deslizes, como não utilizar o histograma de cores ou descrever as atividades realizadas sem a completude desejada, que os enquadraram no nível PROFICIENTE para as habilidades IDENTIFICAR E PROCESSAR. Assim sendo, considerando a média do nível de desempenho dos estudantes-avaliadores em cada uma das 03 (três) habilidades avaliadas, observou-se que todos os estudantes-avaliadores atingiram o nível PROFICIENTE de desempenho, resultado muito semelhante ao desempenho dos alunos que realizaram o curso em sala de aula.

Constatou-se que, mesmo os estudantes-avaliadores que declararam possuir pouco conhecimento prévio em sensoriamento remoto e geotecnologias, conseguiram obter desempenho igual àqueles que declararam possuir uma experiência maior, conforme demonstrado na Figura 40.

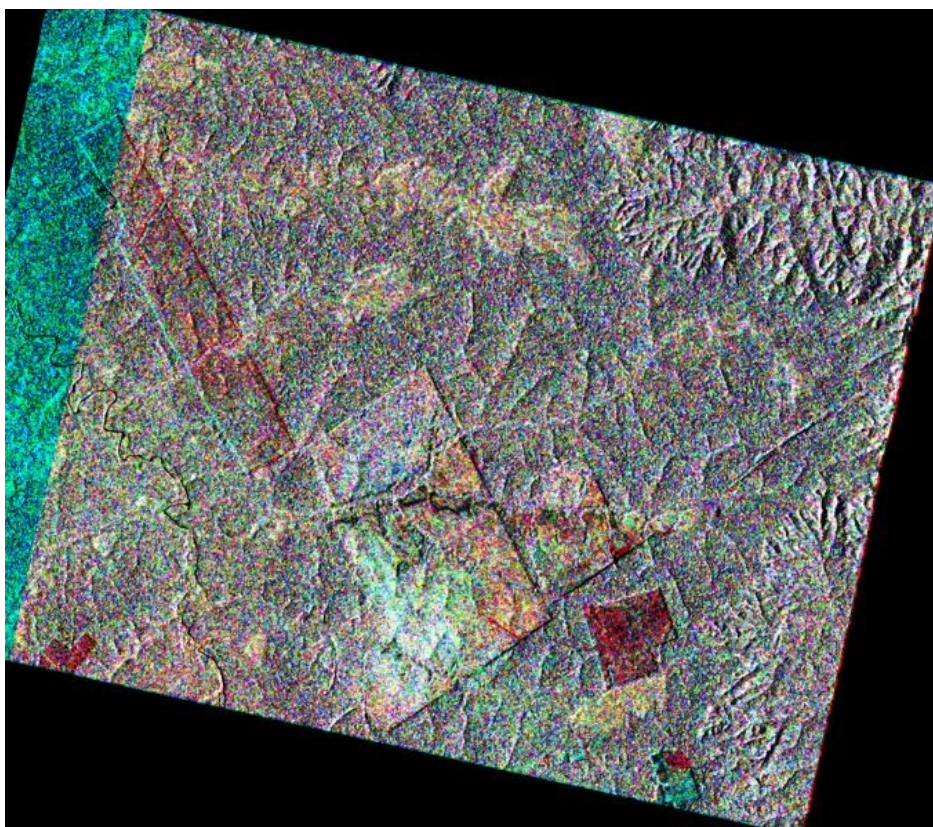
Figura 40 - Conhecimento Prévio Autodeclarado x Desempenho Individual Final.



Fonte: Autoria própria.

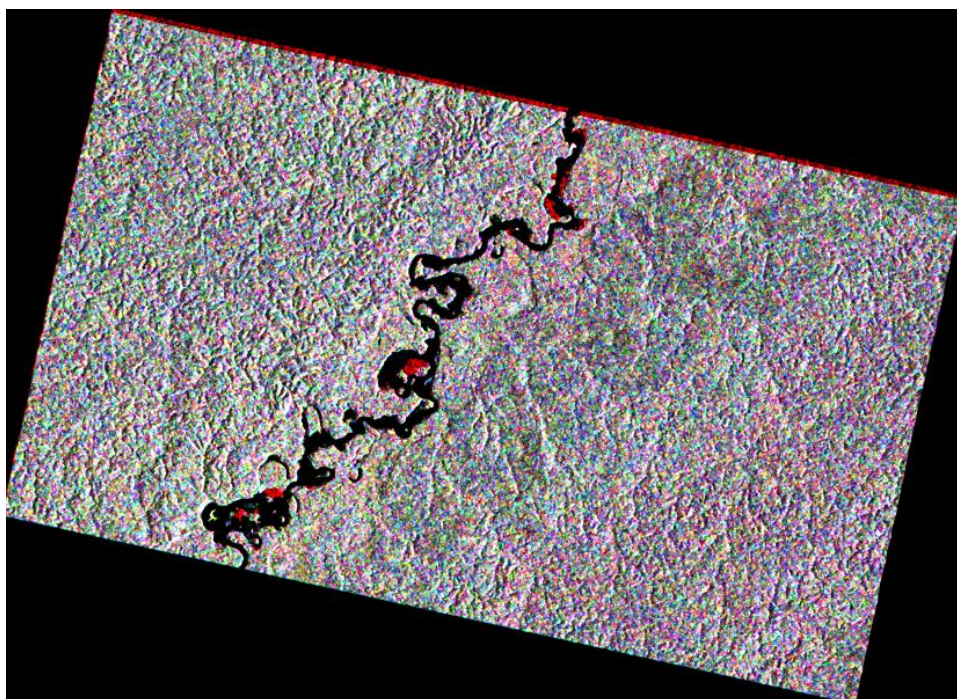
A seguir, são apresentadas partes dos trabalhos realizados pelos estudantes-avaliadores. Inicialmente, nas Figuras 41, 42 e 43, são apresentados processamentos de imagens realizados pelo Estudante 02 para solução dos Problemas 01, 02 e 03, respectivamente. Essas figuras demonstram que o estudante foi capaz de realizar a cadeia de processamento de maneira correta, evidenciando em tom avermelhado os eventos que estão sendo analisados.

Figura 41 - Processamento da imagem Sentinel-1 realizado pelo estudante-avaliador 02 para o Problema 01.



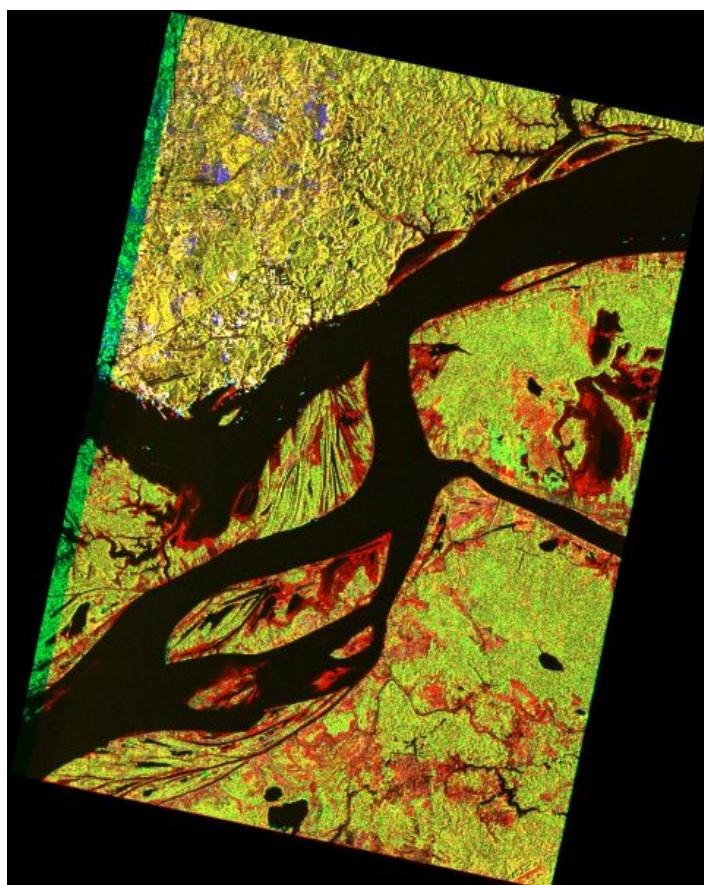
Fonte: Resposta do estudante-avaliador 02.

Figura 42 - Processamento da imagem Sentinel-1 realizado pelo estudante-avaliador 02 para o Problema 02.



Fonte: Resposta do estudante-avaliador 02.

Figura 43 - Processamento da imagem Sentinel-1 realizado pelo estudante-avaliador 02 para o Problema 03.



Fonte: Resposta do estudante-avaliador 02.

Nas Figuras 44 e 45, serão apresentadas partes das respostas apresentadas pelos estudantes-avaliadores 01 e 03 para solução do problema descrito no Quadro 11 da seção 3.2.

Na Figura 44, observa-se a resposta de nível 'Avançado' do estudante-avaliador 01 para uma questão que exige PROCESSAMENTO e INTERPRETAÇÃO da imagem de Radar Sentinel-1.

Figura 44 - Resposta do estudante-avaliador 01 para o item 01 do Problema 03.

① Com base nas informações recebidas e nas imagens analisadas, pode-se concluir que a comunidade ribeirinha do Bairro Educandas (localização: Lat 3°08'22"S/Long 60°01'43"W) será atingida pela enchente do Rio Negro e, por esse motivo, medidas de proteção àquela comunidade devem ser tomadas? Como você chegou a essa conclusão?

Sim, observando as imagens de radar da área, é possível concluir que a comunidade ribeirinha do bairro Educandas será atingida pela cheia, portanto medidas de proteção a aquela área devem ser tomadas. Sobrepondo as imagens da cidade na época de enchente com imagens da cidade em tempos "normais", verifica-se que a área em que se localiza a comunidade é ocupada pelo rio durante a cheia.

Fonte: Resposta do estudante-avaliador 01.

Na Figura 45, observa-se a resposta de nível 'Proficiente' do estudante-avaliador 03 para uma questão de IDENTIFICAÇÃO das ações realizadas para solucionar o problema proposto. A resposta apresentada na Figura 45 é um exemplo de questão respondida corretamente, porém, sem a completude e/ou detalhamento necessários para classificar o estudante no nível 'Avançado' de desenvolvimento para a habilidade IDENTIFICAR.

Figura 45 - Resposta do estudante-avaliador 03 para o item 02 do Problema 03.

2 - Descreva detalhadamente quais foram as técnicas e os recursos utilizados para chegar a essa conclusão, justificando o emprego de cada um deles.

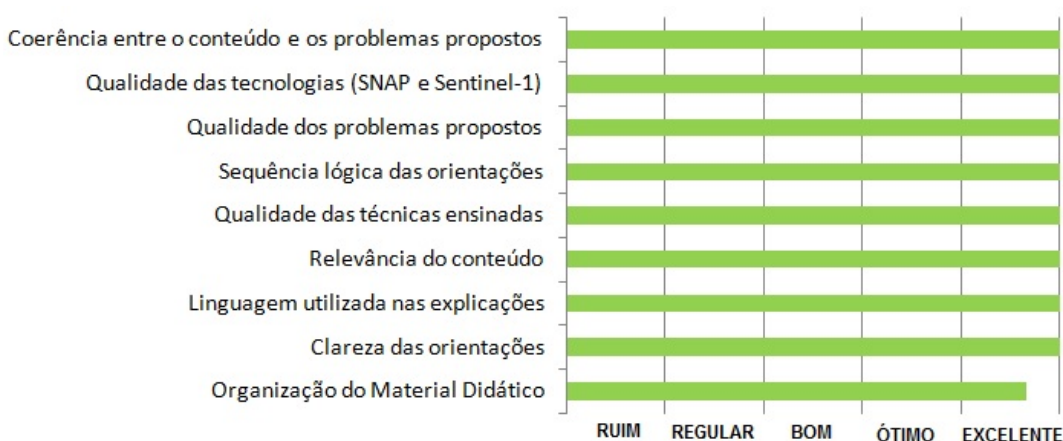
R. Inicialmente foi realizado o pré-processamento das imagens para adequá-las ao seu uso, foram as seguintes etapas:

1. Aplicação de filtro para a redução de ruído:
Radar – Speckle Filtering – Single Product Speckle Filter (refined Lee)
2. Correção Radiométrica para a correção da retrodispersão do brilho:
Radar – Radiometric – Calibrate
3. Correção geométrica, organiza os pixels da imagem segundo um determinado sistema de projeção cartográfica.
Radar – Terrain Correction – Range Doppler Terrain Correction;
4. Para facilitar a análise dos alvos desejados foi realizada uma composição RGB das imagens.
Window – Open RGB Image Window e definidas as bandas para receber o RED, Green e Blue.

Fonte: Resposta do estudante-avaliador 03.

Com relação a avaliação do produto educacional, houve uma aprovação unânime por parte dos estudantes-avaliadores e a Figura 46 apresenta a média das opiniões apresentadas pelos estudantes-avaliadores para cada um dos itens descritos na figura.

Figura 46 - Avaliação do produto educacional realizada por estudantes-avaliadores.



Fonte: Autoria própria.

Ainda com relação a análise dos dados obtidos, todos os estudantes-avaliadores foram unânimes em afirmar que:

(i) O material didático distribuído consegue atingir os objetivos propostos, ou seja, fornecer noções básicas de processamento e interpretação das imagens Sentinel-1;

(ii) Qualquer pessoa, que saiba analisar imagens ópticas e trabalhar com o QGIS, conseguiria adquirir noções básicas de processamento e interpretação das imagens Sentinel-1 se tivesse acesso ao mesmo material que eles receberam;

(iii) Acreditam ter adquirido noções básicas sobre o processamento e interpretação das imagens Sentinel-1;

(iv) Sentem-se capazes de realizar processamentos básicos em uma imagem Sentinel-1 e extrair algumas informações dessa imagem.

Os estudantes-avaliadores não relataram dificuldades para seguir as orientações e as atividades contidas no material didático que receberam, tão pouco apresentaram sugestões para melhorá-lo. Porém, em questões abertas, expressaram suas opiniões sobre quais seriam as principais qualidades do material didático que receberam e um sumário das respostas obtidas está apresentado na Figura 47. Por fim, todos os estudantes-avaliadores opinaram que o formato digital é a melhor opção para distribuição desse produto educacional.

Figura 47 - Quantidade de menções às qualidades do produto educacional segundo os estudantes-avaliadores.



Fonte: Autoria própria.

Nas Figuras 48, 49 e 50, estão apresentadas, ao menos, uma opinião de cada estudante-avaliador sobre o material didático a que tiveram acesso.

Figura 48 - Opinião do estudante-avaliador 01.

- Quais são as principais qualidades do material didático que você recebeu? _____
 - O material possui linguagem e orientações muito didáticas.
 - As orientações possuem uma sequência lógica bastante coerente, existindo fluxos no processo de leitura e execução.

Fonte: Resposta do estudante-avaliador 01.

Figura 49 - Opinião do estudante-avaliador 02.

- Quais são as principais qualidades do material didático que você recebeu? AS CLAREZAS
E OBJETIVIDADES NAS ORIENTAÇÕES.

Fonte: Resposta do estudante-avaliador 02.

Figura 50 - Opinião do estudante-avaliador 03.

- Quais são as principais qualidades do material didático que você recebeu? O material
está bem elaborado, clareza na explicação e
figuras e bem conciso e muito prático.

Fonte: Resposta do estudante-avaliador 03.

Dessa forma, respondendo a QPA com base nos resultados das avaliações realizadas por estudantes-avaliadores conclui-se que: O "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1 - Guia Didático para Professores" não foi formatado para ser utilizado diretamente por alunos, porém, observou-se que graduandos e graduados em cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, que possuam experiência prévia em sensoriamento remoto e geotecnologias, poderão adquirir noções básicas de processamento e interpretação de imagens do Radar Sentinel-1 se seguirem fielmente as orientações contidas no Módulo III e as atividades práticas propostas no Módulo IV desse produto educacional. Ainda assim, esse guia didático continuará sendo indicado apenas para professores, sendo que, materiais voltados para alunos poderão ser desenvolvidos em trabalhos futuros.

4.4 ALTERAÇÕES REALIZADAS NO PRODUTO EDUCACIONAL

Após o término do processo de avaliação do produto educacional realizado por professores e estudantes avaliadores, verificou-se a necessidade de serem realizadas as seguintes alterações no produto educacional:

a) Alteração da carga horária mínima recomendada de 30 (trinta) para 40 (quarenta) horas. Esse acréscimo foi distribuído entre os módulos da seguinte forma: Módulo I - 06 horas; Módulo II - 10 horas; Módulo III - 12 horas e Módulo IV - 12 horas;

b) No Módulo II, foi adicionado um conteúdo extra trazendo orientações sobre como selecionar e baixar imagens Landsat-8 diretamente do repositório do *United States Geological Survey* (USGS). Esse conteúdo estará acessível por meio de *QRCode* adicionado ao produto educacional;

c) Nesse mesmo módulo, foi adicionado uma sugestão de atividade para que os alunos exercitem a construção de polígonos utilizando o *mouse*, visando minimizar as deficiências apresentadas pelos alunos durante a aplicação da proposta de ensino-aprendizagem;

d) Durante o processo de sistematização do produto educacional, decidiu-se por alterar o nome do Módulo III, que passou de "Em terra de cego, quem tem um olho é rei!" para "A beleza está nos olhos de quem vê!". Essa alteração foi realizada por haver a convicção de que esse novo nome representa melhor os objetivos do módulo, ou seja, demonstrar que as imagens de Radar também são bonitas, porém, possuem outro tipo de beleza e que somente pessoas habilitadas são capazes de reconhecê-la.

e) Ainda com relação ao Módulo III, foi realizado um aprofundamento dos conteúdos teóricos propostos referentes a imagem de Radar (faixas do espectro eletromagnético, princípios de imageamento, tipos de ruídos, polarizações, bandas, interferometria, características dos dados SAR, etc.), bem como foram inseridas recomendações de conteúdos sobre características técnicas das imagens Sentinel-1 (resolução temporal, resolução espacial, polarizações, modos de imageamento, características da constelação, etc.). Além disso, no próprio Módulo III, foi inserida uma sugestão de bibliografia (Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto - Paulo Roberto Menezes e Tati Almeida) que pode auxiliar os professores na seleção dos conteúdos para esse e os demais módulos;

f) Com relação à cadeia de processamento proposta no produto educacional, em atenção às orientações recebidas em etapas anteriores da pesquisa (Qualificação), foram inseridas instruções para aplicação de um filtro de ruído *Speckle* durante a etapa de pré-processamento da imagem Sentinel-1. Além disso, considerando as deficiências apresentadas

pelos alunos durante a execução da cadeia de processamento, decidiu-se por enfatizar a importância do uso do histograma de cores para aperfeiçoamento visual das imagens processadas;

g) Diante dos resultados obtidos com a aplicação prática da proposta de ensino-aprendizagem, optou-se por sugerir exclusivamente o *Google Classroom* para administração dos conteúdos *on-line*, uma vez que outras opções adotadas, como *e-mail* e *Whatsapp*, não se mostram eficientes;

h) Ainda da aplicação prática da proposta de ensino-aprendizagem, verificou-se a necessidade de recomendar, ao menos, o conhecimento básico em informática como pré-requisito para a realização desse curso, tendo em vista que dificuldades em realizar ações simples, como instalar programas, criar pastas, nomear arquivos, descompactar arquivos, navegar na *Internet*, reconhecer extensões, utilizar as funções do *mouse*, manipular tabelas, etc. podem afetar a dinâmica do curso.

i) Finalmente, decidiu-se por recomendar que todos os materiais distribuídos aos alunos, como Roteiros de Aprendizagem e Materiais de Apoio, sejam entregues em formato digital (.pdf ou similar). Essa decisão está fundamentada na recomendação dos professores e na própria solicitação dos alunos. Assim sendo, o próprio produto educacional foi formatado como um *e-book*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação apresentou-se a pesquisa desenvolvida no âmbito do Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico, que teve por objetivo elaborar uma proposta de ensino-aprendizagem que, por meio de metodologias ativas, capacitasse graduandos e profissionais recém-egressos de cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente a extraírem informações de imagens de Radar Sentinel-1 para apoiar a elaboração de diagnósticos ambientais.

A pesquisa resultou também no desenvolvimento de um produto educacional intitulado "Curso de Introdução ao Processamento e à Interpretação de Imagens Sentinel-1", um guia didático para professores que foi submetido a um processo de avaliação por professores e estudantes. A avaliação por professores trouxe evidências de que o produto educacional é replicável em diferentes contextos educacionais tendo em vista a relevância e a coerência dos conteúdos e dos problemas propostos, a qualidade das técnicas ensinadas, a eficiência da dinâmica aplicada em sala de aula, a clareza da linguagem utilizada nas explicações, a organização do material didático e a adequação das orientações pedagógicas e tecnológicas apresentadas.

Na avaliação por alunos observou-se que, mesmo se tratando de um guia didático para professores, graduandos e graduados em cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, que possuam experiência prévia em sensoriamento remoto e geotecnologias, podem adquirir noções básicas de processamento e interpretação de imagens do Radar Sentinel-1 se seguirem fielmente as orientações contidas no Módulo III e as atividades práticas propostas no Módulo IV desse produto educacional.

Do ponto de vista do ensino, acredita-se que este trabalho contribui significativamente para ampliar as perspectivas de formação de estudantes de cursos superiores da área de Meio Ambiente, na medida em que traz luz para os conteúdos referentes aos sensores ativos, os quais são pouco evidenciados em cursos de graduação. Além disso, apresenta uma dinâmica de aula fundamentada em metodologias ativas, que incentivam a aprendizagem autônoma por parte dos alunos, a resolução de problemas práticos e a organização dos recursos de estudo com vistas a promover aprendizagem dentro e fora do espaço de sala de aula.

Esta pesquisa tem sido comunicada e aceita pela comunidade científica, sendo que, inicialmente, com a finalidade de demonstrar a existência de uma lacuna no ensino da interpretação de imagens Sentinel-1 nos cursos superiores relacionados ao Meio Ambiente, bem os desafios para o ensino dessa temática, foi escrito um Capítulo intitulado 'Diagnósticos ambientais por meio da interpretação de imagens de Radares orbitais: algumas questões sobre

o ensino' para o livro 'Perspectivas metodológicas para sala de aula - Editora Appris' lançado no dia 27 de setembro de 2019, durante o Simpósio em Ensino Tecnológico no Amazonas (SETA). Ainda, com a finalidade de compartilhar a proposta de ensino-aprendizagem com a comunidade técnico-científica especializada em sensoriamento remoto, foi apresentado um trabalho intitulado 'Diagnósticos ambientais por meio da interpretação de imagens de Radares orbitais: uma experiência de ensino' no XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, evento organizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Além dessas publicações, este trabalho foi comunicado em outras oportunidades, no formato de artigos e palestras, conforme apresentado nos Apêndices B a F. Entende-se que essa é uma etapa importante do trabalho, uma vez que as ações de validade e confiabilidade mencionadas em uma pesquisa são positivamente associadas à classificação dos periódicos onde o trabalho foi publicado (CASTRO; REZENDE, 2018).

Finalmente, como trabalhos futuros, destaca-se 02 (duas) frentes: primeiramente, planeja-se a publicação de um artigo relatando os resultados finais desta pesquisa em um periódico de ensino; o outro investimento está relacionado à continuidade desta pesquisa, seja na elaboração de um material didático para estudantes, seja na publicação de um livro composto por problemas reais para serem aplicados em cursos de sensoriamento remoto e afins, ou ainda, a formatação desse produto educacional para ser ministrado em uma plataforma de ensino a distância (EAD).

REFERÊNCIAS

AEB - **Agência Espacial Brasileira**, 2019. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/espaco-educacao-e-tecnologia/nasa-globe/>>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

ALMEIDA, A. N. et al. Deficiências no diagnóstico ambiental dos estudos de impacto ambiental (EIA). **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS**. v. 4, n. 2. São Paulo: Ed. Científica, 2015. p. 33-48.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos** - Educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.

BESEMER, S. P; TREFFINGER, D. J. **Analysis of creative products: review and synthesis**. The Journal of Creative Behavior, 1981. v. 15, n. 3, p. 158-178.

BRASIL. **Amazônia Legal**. Brasília: IBGE, 2014. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>> Acesso em: 31 de dezembro de 2019.

_____. **CAPES - Documento de Área - Ensino**. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: <https://capes.gov.br/images/documentos/Documentos_de_area_2017/DOCUMENTO_ARE_A_ENSINO_24_MAIO.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2020.

_____. **Catálogo Nacional de Cursos Superiores de Tecnologia**. 3ª Edição. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=44501-cnct-2016-3edc-pdf&category_slug=junho-2016-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 28 de maio de 2018.

_____. **Censo da Educação Superior**. Brasília: INEP, 2017. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>>. Acesso em: 22 de outubro de 2018.

_____. **e-MEC**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2018

_____. **Política de Sensoriamento Remoto de Defesa**. 1ª Edição. Brasília: MD, 2006. Disponível em: <https://www.defesa.gov.br/arquivos/File/legislacao/emcfa/publicacoes/md32_p_02_polsense-emotodefesa_1a_ed2006.pdf>. Acesso em: 18 de outubro de 2018.

_____. **Referenciais Curriculares Nacionais dos Cursos de Bacharelado e Licenciatura**. Brasília: MEC, 2010. Disponível em: <<https://www.dca.ufrn.br/~adelardo/PAP/ReferenciaisGraduacao.pdf>>. Acesso em: 18 de agosto de 2018.

_____. **Resolução nº 1 do Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Brasília: MMA, 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.

_____. **Um modelo metodológico de classificação de climas**. Brasília: IBGE, 2002.

Disponível:

<http://geoftp.ibge.gov.br/produtos_educacionais/atlas_educacionais/atlas_geografico_escolar/mapas_do_brasil/mapas_nacionais/informacoes_ambientais/brasil_clima.pdf>. Acesso em: 22 de outubro de 2018

CARVALHO, V. M. S. G., CRUZ, C. B. M., ROCHA, E. M. F. Sensoriamento Remoto e o Ensino da Geografia – Novos Desafios e Metas. In: IV Jornada de Educação em Sensoriamento Remoto no Âmbito do Mercosul. **Anais...**São Leopoldo-RS, 2004.

CASTRO, J. M.; REZENDE, S. F. L. Validade e Confiabilidade de Estudos de Casos Qualitativos em Gestão Publicados em Periódicos Nacionais. **Revista Organizações em Contexto - ROC**. v. 14, n. 28. São Paulo: Ed. Metodista, 2018. p. 29-52.

CRISCUOLO, C.; GREGO, C. R.; RODRIGUES, C. Atlas escolar da região metropolitana de Campinas e sua contribuição para a escola construtora de conhecimento. In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais eletrônicos...** Santos-SP:INPE, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/atlas-escolar-da-regiao-metropolitana-de-campinas-e-sua-contribuicao-para-a-escola-construtora-de-conhecimento?lang=pt-br>>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

DETER/INPE - **Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2017. Disponível em:

<<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter>>. Acesso em: 31 de dezembro de 2019.

DI MAIO, A. et al. GEOIDEA - Geotecnologia como instrumento da inclusão digital e educação ambiental. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...**Natal: INPE, 2009.

DIAS, J. C.; MENDONÇA, A. P. Diagnósticos ambientais por meio da interpretação de imagens de Radares orbitais: algumas questões sobre o ensino. In: Coelho, I. M. W. da S. ...[et al.] (Org.). In: **Perspectivas metodológicas para sala de aula**. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2019.

DSR/INPE - Departamento de Sensoriamento Remoto do Instituto de Pesquisas Espaciais - **Landsat**, 2017. Disponível em:

<<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/dgi/documentacao/satelites/landsat/capa-landsat>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2020.

DSR/INPE - Departamento de Sensoriamento Remoto do Instituto de Pesquisas Espaciais - **Uso escolar do sensoriamento remoto para estudo do meio ambiente**, 2019. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/DSR/educacao/uso-escolar-sensoriamento-remoto>>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

ESA/Sentinel Online. European Space Agency - Sentinel Online - **Data Distribution Schedule**, 2018. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/data-distribution-schedule>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2020.

_____. European Space Agency - Sentinel Online - **Mission Summary**, 2018. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/overview/mission-summary>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2020.

_____. European Space Agency - Sentinel Online - **Overview**, 2018. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/overview>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2020.

ESA/STAP. **European Space Agency - SNAP**, 2018. Disponível em: <<https://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2020.

FARIAS, M. S. F. de. **Design Thinking na elaboração de um produto educacional: roteiro de aprendizagem – estruturação e orientações**. Dissertação do Programa de Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, 2019. 156p. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1iNiFiT0lgAIw-QjWdIsk26Blw3sgAs4-/view>>. Acessado em: 08 de janeiro de 2020.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2011. 101p.

GEOAPLICADA. **O que são Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e quais suas aplicações**, 2018. Disponível em: <<https://www.geoaplicada.com/blog/sig-e-suas-aplicacoes/>> Acesso em: 13 de janeiro de 2019.

_____. **Softwares para SIG gratuitos**, 2018. Disponível em: <<https://www.geoaplicada.com/blog/softwares-sig-gratuitos/>> Acesso em: 30 de outubro de 2018.

GEODEN - **Geotecnologias Digitais no Ensino**, 2019. Disponível em: <<http://www.geoden.uff.br/>>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

I9AÇÃO. **Aprendizagem baseada em projetos. O que é?**, 2018. Disponível em: <<https://www.i9acao.com.br/blog/avatarh/aprendizagem-baseada-em-projetos/>>. Acesso em: 05 de novembro de 2018.

INPE - **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019>>. Acesso em: 25 de abril de 2019.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphany (coordenador)...[et al.]. 2. ed. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 2000.

LABCISCO. **O Espectro Eletromagnético na Natureza**, 2013. Disponível em: <<http://labcisco.blogspot.com/2013/03/o-espectro-eletromagnetico-na-natureza.html>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2019.

- MENDONÇA, A. P. Alinhamento Construtivo: Fundamentos e Aplicações. In: Gonzaga, A. M. (Org.). In: **Formação de Professores no Ensino Tecnológico: Fundamentos e Desafios**. 1ª ed. Curitiba: CRV, 2015. p. 109-130.
- MENDONÇA, A. P., COELHO, I. M. W. da S. Rubricas e suas contribuições para a avaliação de desempenho de estudantes. In: Souza, A. C. R. ...[et al.](Org.). In: **Formação de professores e estratégias de ensino: perspectivas teórico-práticas**. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2018. p. 109-123.
- MENEZES, L. A. V. **Bem Amigos!**. Rio de Janeiro: SporTV, 12 de março de 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=dAyO2HzeCz8>>. Acesso em: 14 de março de 2019.
- MENESES, P. R. e ALMEIDA T. de. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília – UNB. Brasília, 2012. Disponível em <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em 27 de dezembro de 2019.
- NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Ed. Blucher, 2010. 363p.
- NRCAN - Natural Resources Canada. **Eletromagnetic Radiation**, 2017. Disponível em: <<https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/14621>>. Acesso em: 13 de janeiro de 2019.
- OLIVEIRA, S. A. B. de. **Programação para Administração de Redes de Computadores: uma proposta de ensino-aprendizagem baseada no modelo de Sala de Aula Invertida**. Dissertação do Programa de Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, 2018. 183p. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1409fbt5H0E2NKAYHvBaYVh08O0Xo32WF/view>>. Acessado em: 08 de janeiro de 2020.
- OSGEO. **QGIS Desktop**, 2019. Disponível em: <<https://www.osgeo.org/projects/qgis/>>. Acesso em: 07 de janeiro de 2020.
- PARADELLA, W. R... [et al.] Radars Imageadores (SAR) orbitais: tendências em sistemas e aplicações. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. *Anais...* João Pessoa-PB: INPE, 2015.
- RIBEIRO, C. M. **As geotecnologias no ensino de Geografia: análise das coleções didáticas do Ensino Médio do PNLD 2015**. Dissertação do Programa de Mestrado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2018. 185 p. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/3861/5/Carla_Ribeiro_2018>. Acessado em: 25 de outubro de 2018.
- SANCHÉZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTIAGO & CINTRA. **O que é geotecnologia?**, 2017. Disponível em: <<https://www.santiagoecintra.com.br/blog/geo-tecnologias/o-que-e-geotecnologia>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2019.

SILVA, T. S. da. **Entrevista** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <jeandias.ifam@gmail.com> em 23 abril de 2019.

SOUZA, R. B. Sensoriamento Remoto: conceitos fundamentais e plataformas. In: IV CEOS WGEd Workshop. *Anais...* Santa Maria-RS: INPE, 2010.

USGS - **U. S. Geological Survey**, 2018. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Plano de Ensino do Curso "Diagnósticos Ambientais por Meio de Imagens de Radar"

Resultados Pretendidos da Aprendizagem	Conteúdos Envolvidos	Recursos utilizados	Conhecimentos Prévios	No. Aulas/CH
- Memorizar os conceitos básicos de sensoriamento remoto; - Memorizar o processo para obtenção de imagens ópticas e Radar; - Identificar as características básicas de uma imagem óptica e de uma imagem de Radar; - Identificar as ferramentas básicas do <i>software</i> QGIS; - Identificar as ferramentas básicas do <i>software</i> SNAP; - Processar imagens de Radar utilizando o SNAP; - Calcular uma área utilizando imagem de Radar; - Resolver problema, de forma autônoma e por meio da análise de imagens de Radar; - Propor problema que poderia ser solucionada por meio da análise de imagens de Radar.	- Conteúdo básico de sensoriamento remoto; - Conceitos de Coordenadas geográficas; - Conceitos de composição RGB; - Características básicas do <i>software</i> QGIS; - Características básicas das imagens ópticas; - Características básicas de informações <i>raster</i> e <i>vetoriais</i>; - Características básicas do <i>software</i> SNAP; - Características básicas das imagens de Radar;	- Laboratório de Informática; - Computador <i>Desktop</i>; - Projetor de vídeo; - Acesso à <i>Internet</i>; - <i>Software</i> QGIS; - <i>Software</i> SNAP; - Imagens Ópticas; - Imagens de Radar; - <i>Slides</i>; - Transparências; - Bolinha de Borracha; - Material de apoio à aula 01, 02, 03 e 04; - Prática Dirigida 01, 02, 03, 04; - Roteiro de Aprendizagem 01, 02, 03, 04; - Prática Autônoma 01, 02, 03.	- Não se aplica	05 Aulas Presenciais (04 horas / aula) + Estudo Autônomo (10 horas) CH Total: 30 horas

APÊNDICE A - Plano de Ensino do Curso "Diagnósticos Ambientais por Meio de Imagens de Radar"

Resultados Pretendidos da Aprendizagem	CH	Escopo das aulas		
		Conteúdo envolvido	Atividades de Ensino & Recursos	Atividades de Aprendizagem
MÓDULO I - SORRIA, VOCÊ ESTÁ SENDO FILMADO! - Memorizar os conceitos básicos de sensoriamento remoto; - Identificar as características básicas de uma imagem óptica; - Identificar as ferramentas básicas do <i>software</i> QGIS.	6h	- Conteúdo básico de sensoriamento remoto; - Conceitos de Coordenadas geográficas; - Conceitos de composição RGB; - Características básicas do <i>software</i> QGIS; - Características básicas das imagens ópticas.	- Apresentar as características básicas e os aspectos históricos do sensoriamento remoto por imagens; - Diferenciar uma imagem óptica de uma imagem de Radar; - Apresentar as características básicas do <i>software</i> QGIS; - Demonstrar como realizar uma composição RGB; - Aplicar uma prática dirigida. <u>Recursos:</u> - Laboratório de Informática; - Computador <i>Desktop</i>; - Projetor de vídeo; - Acesso à <i>Internet</i>; - <i>Software</i> QGIS; - Imagens Ópticas; - <i>Slides</i>; - Apostila básica de QGIS; - Roteiro de Aprendizagem 01; - Material de apoio à aula 01; - Prática Dirigida 01.	Participar de uma prática dirigida, onde serão orientados na realização de composições RGB. Nessa atividade, serão utilizados somente imagens ópticas e o <i>software</i> QGIS. Realizar atividade proposta no Roteiro de Aprendizagem 01. Nessa atividade o aluno deverá identificar as ferramentas básicas do <i>software</i> QGIS em apostila fornecida. <u>Recursos:</u> - Laboratório de Informática; - Computador <i>Desktop</i>; - Acesso à <i>Internet</i>; - <i>Software</i> QGIS; - Imagens Ópticas; - Roteiro de Aprendizagem 01; - Material de apoio à aula 01; - Prática Dirigida 01.

APÊNDICE A - Plano de Ensino do Curso "Diagnósticos Ambientais por Meio de Imagens de Radar"

MÓDULO II - A BELEZA É EFÊMERA! - Memorizar os conceitos básicos de sensoriamento remoto; - Memorizar o processo para obtenção de imagens ópticas; - Identificar as características básicas de uma imagem óptica; - Identificar as ferramentas básicas do <i>software</i> QGIS; - Calcular uma área utilizando uma imagem óptica e QGIS.	8h	- Conteúdo básico de sensoriamento remoto; - Conceitos de Coordenadas geográficas; - Conceito de composição RGB; - Características básicas do <i>software</i> QGIS; - Características básicas das imagens ópticas; - Características básicas de informações <i>raster</i> e vetoriais.	- Demonstrar como obter uma imagem óptica; - Demonstrar como realizar uma composição RGB; - Demonstrar o processo para criação de um dado vetorial (shape); - Demonstrar o processo para a criação de um polígono; - Demonstrar uma metodologia para cálculo de área utilizando o QGIS; - Aplicar uma prática dirigida. <u>Recursos:</u> - Laboratório de Informática; - Computador <i>Desktop</i>; - Projetor de vídeo; - Acesso à <i>Internet</i>; - <i>Software</i> QGIS; - Imagens Ópticas; - Transparências; - <i>Slides</i>; - Material de apoio à aula 02; - Roteiro de Aprendizagem 01 e 02; - Prática Dirigida 02.	Participar de uma prática dirigida, onde serão orientados na interpretação das imagens ópticas para a análise e mensuração de um desmatamento. Nessa atividade, serão utilizados somente imagens ópticas e o <i>software</i> QGIS. Realizar atividade proposta no Roteiro de Aprendizagem 01, onde o aluno criará um usuário e realizará a instalação do aplicativo para download de imagens ópticas. Realizar atividade proposta no Roteiro de Aprendizagem 02, onde o aluno, utilizando a conta criada na aula anterior, deverá baixar uma imagem óptica conforme orientação contida nesse RA. <u>Recursos:</u> - Laboratório de Informática; - Computador <i>Desktop</i>; - Acesso à <i>Internet</i>; - <i>Software</i> QGIS; - Imagens Ópticas; - Material de apoio à aula 02; - Roteiro de Aprendizagem 01 e 02; - Prática Dirigida 02.
--	----	---	---	---

APÊNDICE A - Plano de Ensino do Curso "Diagnósticos Ambientais por Meio de Imagens de Radar"

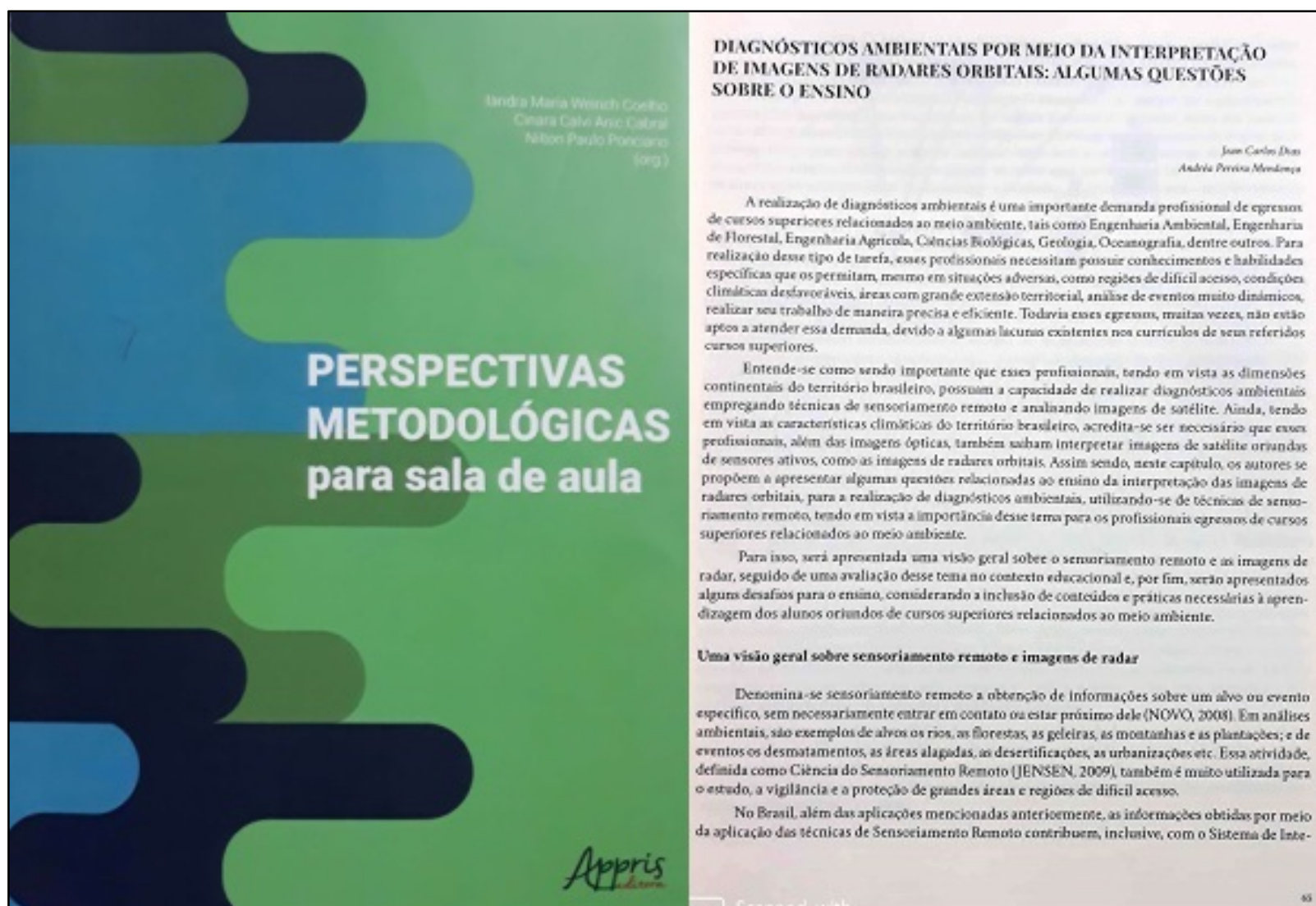
MÓDULO III - A BELEZA ESTÁ DOS OLHOS DE QUEM VÊ! - Memorizar os conceitos básicos de sensoriamento remoto; - Memorizar o processo para obtenção de imagens de Radar; - Identificar as características básicas de uma imagem de Radar; - Identificar as ferramentas básicas do <i>software</i> SNAP; - Processar imagens de Radar utilizando o SNAP; - Calcular uma área utilizando imagem de Radar e QGIS.	8h	- Conteúdo básico de sensoriamento remoto; - Conceitos de Coordenadas geográficas; - Características básicas do <i>software</i> QGIS; - Características básicas das imagens ópticas; - Características básicas de informações <i>raster</i> e vetoriais. - Características básicas do <i>software</i> SNAP; - Características básicas das imagens Radar.	- Demonstrar como obter uma imagem de Radar; - Apresentar as características de uma imagem de Radar; - Apresentar sumariamente as ferramentas do <i>software</i> SNAP; - Demonstrar como realizar diagnósticos por meio da análise de imagens de Radar; - Demonstrar uma metodologia para cálculo de área utilizando o SNAP; - Demonstrar uma técnica para integrar a solução SNAP+Radar com QGIS+Óptica; - Aplicar uma prática dirigida. <u>Recursos:</u> - Laboratório de Informática; - Computador <i>Desktop</i>; - Projetor de vídeo; - Acesso à <i>Internet</i>; - <i>Software</i> SNAP; - Imagens de Radar; - <i>Slides</i>; - Material de apoio à aula 03; - Roteiro de Aprendizagem 03; - Prática Dirigida 03.	Participar de uma prática dirigida, onde será apresentada uma técnica para interpretação de imagens de Radar na análise de desmatamentos, áreas alagadas e destruição de rios. Ainda, será apresentada uma técnica para integrar a análise das imagens de Radar com as imagens ópticas. Nessa atividade, serão utilizadas as imagens ópticas e de Radar, além do QGIS e o SNAP. Realizar atividade proposta no Roteiro de Aprendizagem 03, onde o aluno deverá baixar uma imagem de Radar conforme orientação contida nesse RA. <u>Recursos:</u> - Laboratório de Informática; - Computador <i>Desktop</i>; - Projetor de vídeo; - Acesso à <i>Internet</i>; - <i>Software</i> SNAP; - Imagens de Radar; - <i>Slides</i>; - Material de apoio à aula 03; - Roteiro de Aprendizagem 03; - Prática Dirigida 03.
---	-----------	--	---	---

APÊNDICE A - Plano de Ensino do Curso "Diagnósticos Ambientais por Meio de Imagens de Radar"

MÓDULO IV - FAÇA VOCÊ MESMO! - Identificar as ferramentas básicas do <i>software</i> QGIS; - Identificar as ferramentas básicas do <i>software</i> SNAP; - Processar imagens de Radar utilizando o SNAP; - Resolver problema de forma autônoma e por meio da análise de imagens de Radar; - Propor problema que poderia ser solucionada por meio da análise de imagens de Radar.	8h	- Conteúdo básico de sensoriamento remoto; - Conceito de coordenadas geográficas; - Conceitos de composição RGB; - Características básicas do <i>software</i> QGIS; - Características básicas das imagens ópticas; - Características básicas do <i>software</i> SNAP; - Características básicas das imagens de Radar.	- Aplicar uma prática autônoma (em grupo) para análise de desmatamento e destruição de leito de rio; - Aplicar uma prática autônoma (individual) para análise de uma área alagada. - Apresentação de resultados - Socializar e debater as propostas de situações-problema, que poderiam ser solucionadas por meio da análise de imagens de Radar. <u>Recursos:</u> - Laboratório de Informática; - Computador <i>Desktop</i>; - Projetor de vídeo; - Acesso à <i>Internet</i>; - <i>Software</i> QGIS; - <i>Software</i> SNAP - Imagens Ópticas; - Imagens de Radar; - <i>Slides</i>; - Material de apoio à aula 04; - Roteiro de Aprendizagem 04; - Prática Autônoma 01; - Prática Autônoma 02.	Resolver problema analisando, de forma autônoma e em grupo, se uma determinada área está sendo desmatada, segundo as informações constantes na Prática Autônoma 01 e apresentar os resultados. Resolver problema analisando, de forma autônoma e em grupo, a possível existência de garimpeiros em um determinado trecho de rio, segundo as informações constantes na Prática Autônoma 02 e apresentar os resultados. Resolver problema analisando, de forma autônoma e individual, se uma determinada área urbana corre o risco de ser alagada, segundo as informações constantes na Prática Autônoma 03. Realizar atividade proposta em Roteiro de Aprendizagem 04, onde o aluno deverá propor 02 situações-problema que poderiam ser solucionadas por meio da interpretação de imagens de Radar. Debater as propostas de situações-problema apresentadas pelos alunos <u>Recursos:</u> - Laboratório de Informática; - Computador <i>Desktop</i>; - Acesso à <i>Internet</i>; - <i>Software</i> QGIS e SNAP; - Imagens Ópticas e Radar; - Material de apoio à aula 04; - Roteiro de Aprendizagem 04; - Prática Autônoma 01, 02 e 03.
--	----	---	--	--

APÊNDICE A - Plano de Ensino do Curso "Diagnósticos Ambientais por Meio de Imagens de Radar"

Observação da Aprendizagem, Avaliação e <i>Feedback</i>		
Recurso	Dinâmica pretendida	Avaliação/ <i>Feedback</i>
Os Roteiros de Aprendizagem 01, 02 e 03 trazem tarefa onde os alunos demonstram se memorizaram os processos para obtenção de imagens ópticas e de Radar. O Roteiro de Aprendizagem 04 traz tarefa onde os alunos demonstram serem capazes de propor com coerência uma problema que poderia ser solucionada por meio da análise de imagens de Radar. As Práticas Autônomas 01 e 02 trazem tarefa EM GRUPO onde os alunos demonstram se: - memorizaram os conceitos de sensoriamento remoto; - identificam as características da imagem de Radar; - identificam as ferramentas básicas do <i>software</i> QGIS; - identificam as ferramentas básicas do <i>software</i> SNAP; - processam imagens de Radar utilizando o SNAP; - calculam uma área a partir de uma imagem de Radar; - resolvem problemas por meio da análise de imagens de Radar. A Prática Autônoma 03 traz tarefa INDIVIDUAL onde os alunos demonstram se: - memorizaram os conceitos de sensoriamento remoto; - identificam as características da imagem de Radar; - identificam as ferramentas básicas do <i>software</i> SNAP; - processam imagens de Radar utilizando o SNAP; - resolvem problema por meio da análise de imagens de Radar.	Roteiros de Aprendizagem 01, 02 e 03: Os alunos deverão realizar os procedimentos para obtenção de imagens, conforme orientação contida nesses roteiros individuais e autônomos. Roteiros de Aprendizagem 04: Nessa atividade, os alunos serão estimulados a propor 02 (duas) situações-problema, relacionadas com suas áreas de formação, que poderiam ser solucionadas por meio da análise de imagens de Radar. Essas propostas serão debatidas ao final da aula seguinte. Práticas Autônomas 01 e 02: Durante a aula, os alunos serão divididos em 04 (quatro) grupos e essas atividades práticas distribuídas entre eles, ou seja, 02 (dois) grupos com a PA01 e 02 (dois) grupos com a PA02. Segundo as orientações para execução contidas nessas Práticas, os alunos deverão solucionar problema sobre desmatamento ou destruição de leito de rio, preenchendo um relatório referente a essa atividade. Os resultados serão apresentados oralmente pelos grupos ao final da aula e as dúvidas serão esclarecidas durante essa apresentação. Prática Autônoma 03: Durante a aula, de forma individual e autônoma, os alunos deverão solucionar problema sobre o risco de alagamento de uma determinada área urbana. Os resultados serão apresentados em formato de relatório e, ao término da atividade, o professor apresentará uma possível solução para o problema.	Não serão atribuídas notas ou graus para a avaliação do desempenho dos alunos. Será aplicada uma rubrica para avaliar os níveis de entendimento dos alunos, tomando como referência a Taxonomia SOLO Os <i>feedbacks</i> serão fornecidos na aula seguinte a cada Roteiro de Aprendizagem e imediatamente após a execução das Práticas Autônomas.



APÊNDICE C - Artigo 'Diagnósticos ambientais por meio da interpretação de imagens de Radares orbitais: uma experiência de ensino' apresentado no XIX SBSR/INPE - 2019.



XIX SBSR
Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

ATESTADO

Atestamos que no XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, realizado no período de 14 a 17 de abril de 2019, em Santos, SP, Brasil, foi apresentado o trabalho:

DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS POR MEIO DA INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DE RADARES ORBITAIS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO

Jean Carlos Dias, Andréa Pereira Mendonça

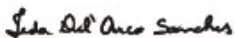
na sessão: Educação

Apresentador(a): Jean Carlos Dias

Santos, 17 de abril de 2019.



Douglas F. M. Gherardi
Coordenador do SBSR



Ieda Del'Arco Sanches
Coordenadora do SBSR



Luiz Eduardo O.C. Aragão
Coordenador do SBSR

Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto
ISSN: 978-85-17-09397-3

14 a 17 de Abril de 2019
INPE - Santos SP, Brasil

DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS POR MEIO DA INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DE RADARES ORBITAIS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO

Jean Carlos Dias¹ e Andréa Pereira Mendonça²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM, Av. Sete de Setembro, 1975 - Centro - Manaus/AM - 69020-120, jeandias.ifam@gmail.com e ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM, Av. Sete de Setembro, 1975 - Centro - Manaus/AM - 69020-120, andrea.mendonca@ifam.edu.br;

RESUMO

A realização de diagnósticos ambientais, a partir da análise de imagens de satélite é uma importante demanda profissional de egressos de cursos superiores relacionados ao meio ambiente. Em contrapartida, esses egressos, muitas vezes, não estão aptos a atender essa demanda devido às lacunas nos currículos dos referidos cursos. Para mitigar este problema, apresenta-se neste artigo uma proposta de ensino-aprendizagem para diagnósticos ambientais por meio da interpretação de imagens de radares orbitais, tendo como público alvo graduandos e profissionais recém formados em cursos superiores relacionados ao meio ambiente. A referida proposta combinou o modelo de sala de aula invertida e aprendizagem ativa, com vistas a incentivar o estudo autônomo e promover a resolução de problemas práticos. Os resultados da aplicação desta proposta evidenciaram que os estudantes foram capazes de processar e interpretar as imagens de radar, elaborando diagnósticos ambientais para os problemas originalmente propostos.

Palavras-chave — sensoriamento remoto, radar, meio ambiente, ensino.

ABSTRACT

Conceiving environmental diagnostics based on satellite images is an important professional demand for graduate students in superior courses in Environmental areas. However, newly formed professionals usually have challenges on this tasks due to gaps in the curriculum of their graduating courses. Aiming at minimizing this problem, this paper introduces a teaching-learning proposal for alumni or newly formed professionals to address environmental diagnosis by using images from orbital radars. This proposal conjoins both flipped classroom as well as active learning in order to promote autonomous studying and also practical problem solving based on realistic scenarios. Preliminary results from this proposal show that students were capable to process and interpret the radar images, making environmental diagnostics for the problems originally proposed.

Key words — remote sensing, radar, environment, teaching.

1. INTRODUÇÃO

Define-se sensoriamento remoto como sendo a atividade para obtenção de informações sobre um alvo ou evento específico, sem necessariamente entrar em contato ou estar próximo do mesmo [1]. Em análises ambientais, são exemplos de alvos os rios, as florestas, as montanhas e de eventos os desmatamentos, os alagamentos, as desertificações, etc. Essa atividade, também definida como Ciência do Sensoriamento Remoto [2], é muito utilizada para o estudo, a vigilância e a proteção de grandes áreas e regiões de difícil acesso.

Sobre esse tema, acredita-se que não seja possível estudar, monitorar ou mensurar eventos como desmatamento, queimadas, alagamentos ou atividades extrativistas utilizando-se exclusivamente dados estatísticos, uma vez que, nessas análises, é indispensável a existência de um subsistema eficiente para aquisição de dados atualizados [2]. Todavia, em que pese a gama de possibilidades próprias da atividade de sensoriamento remoto, entende-se que situações particulares possam exigir a utilização de ferramentas geocomputacionais adequadas e conhecimentos técnicos específicos para que as informações primárias possam ser interpretadas e transformadas em informações qualificadas [1].

Um exemplo de situação que pode prejudicar ou limitar a eficiência de uma análise ambiental é a presença de nuvens na região a ser observada, tendo em vista que essa condição meteorológica praticamente inviabiliza a utilização de imagens ópticas. Essa limitação atinge diretamente a maior parte do território brasileiro, pois, apesar da diversidade climática, com exceção das áreas semi-áridas do nordeste, todas as demais são predominantemente úmidas, situação que favorece a cobertura de nuvens em grande parte do ano. Nesse caso, recomenda-se a realização da análise ambiental por meio da interpretação de imagens de radares orbitais [2].

Em se tratando das atribuições dos profissionais egressos dos diferentes cursos superiores relacionados ao meio ambiente, percebe-se a existência de um núcleo de demandas comuns, tais como, capacidade de confeccionar laudos, relatórios, planejamentos, realizar investigações, modelagens, simulações, monitoramentos, além de propor soluções inovadoras, realizar investigações científicas e, principalmente, de aplicar recursos

262096929a14b230b23f49c746b4c73

3661

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o Galoá proceedings

APÊNDICE D - Artigo 'O sensoriamento remoto e a sua relação com a estrutura das revoluções científicas de Thomas Kuhn' em processo de avaliação pelo periódico científico HOLOS/IFRN





CAPA SOBRE PÁGINA DO USUÁRIO PESQUISA ATUAL ANTERIOR

Capa > HOLOS

HOLOS

HOLOS is an online publication of the Federal Institute of Rio Grande do Norte (IFRN) which goal is to publish articles there. The periodic receive contributions in Portuguese, English and Spanish.

Evaluation Process - Peer review with plagiarism verification with

Periodicity - 8 / year

ISSN 1807-1600

DOI 10.15628/holos.2018.

Google Scholar - Historical

HS-index - 10	HS-median - 13 (2017-2019)
HS-index - 9	HS-median - 10 (2016-2012)
HS-index - 6	HS-median - 8 (2015-2011)
HS-index - 5	HS-median - 5 (2014-2010)
HS-index - 3	HS-median - 4 (2013-2009)

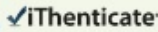
Citations - Google Scholar

<https://goo.gl/Huv4HY>

Index Copernicus

CV 2018: 76,61

A HOLOS é uma publicação online do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) que tem como objetivo publicar artigos interdisciplinares. O periódico recebe contribuições em português, inglês e espanhol.

Processo de Avaliação - Avaliação por pares com verificação de plágio pelo 

Periodicidade - 8 / ano

ISSN 1807-1600

DOI 10.15628/holos.2018.

Google Scholar:

XXXXX&YYYYY (2018)



O SENSORIAMENTO REMOTO E SUA RELAÇÃO COM A ESTRUTURA DAS REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS DE THOMAS KUHN

X. X. XXXXX e Y. Y. YYYYY (Só incluir quando for aceito)
Nome da Universidade
Endereço de e-mail

Artigo submetido em xxxx/xxxx e aceito em xxxx/xxxx
DOI: 10.15628/holos.2018.xxxx

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados de uma investigação que objetivou indagar a existência de relação entre a história do sensoriamento remoto e a teoria da estrutura das revoluções científicas, de Thomas S. Kuhn. Para tanto, foram identificados os principais eventos históricos contidos no best-seller "Sensoriamento Remoto do Ambiente", de John R. Jensen, para serem analisados segundo os pressupostos básicos da teoria contida na obra "A Estrutura das Revoluções Científicas". Sendo uma investigação de cunho qualitativo, embasada na

pesquisa bibliográfica, após o levantamento dessas informações e a realização de uma análise histórica, concluiu-se que, em que se pondere o fato de se tratar de uma ciência emergente, o processo de desenvolvimento da ciência do sensoriamento remoto se encontra em consonância com o paradigma de ciência proposto por Kuhn, uma vez que foram identificadas as etapas históricas previstas na teoria das revoluções científicas, bem como a presença de estruturas que podem ser associadas aos conceitos de paradigma e ciência normal.

PALAVRAS-CHAVE: História da Ciência, Paradigma, Sensoriamento Remoto, Kuhn, Jensen.

THE REMOTE SENSING AND THE RELATIONSHIP WITH THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC REVOLUTIONS BY THOMAS KUHN

ABSTRACT

This paper presents the results of an investigation that aimed to examine the existence of relationship between the history of remote sensing and Thomas S. Kuhn's theory of the structure of scientific revolutions. To this purpose, the main historical events contained in John R. Jensen's bestselling "Remote Sensing of the Environment" were identified for analysis according to the theoretical concepts contained in "The Structure of Scientific Revolutions." As a qualitative research, based on bibliographical

research, after collecting this information and conducting a historical analysis, it was concluded that, considering the fact that it's an emerging science, the process of developing the science of remote sensing is according to the paradigm of science proposed by Kuhn, because the historical stages predicted in the theory of scientific revolutions have been identified, as well the presence of structures that can be associated with the concepts of paradigm and normal science.

KEYWORDS: History of Science, Paradigm, Remote Sensing, Kuhn, Jensen.

HOLOS, Ano XX, Vol. xx

CERTIFICADO

Certificamos que **Jean Carlos Dias**, participou, na qualidade de **Palestrante**, do evento Semana de Informática do IFAM - 2019, ministrando a atividade **Palestra: O emprego de imagens de satélite no contexto da Amazônica e a relação com a formação de profissionais** contabilizando carga horária total de 1 hora(s).

Manaus, 02 de Outubro de 2019.



Prof. Dr. Jucimar Brito de Souza
Chefe do Departamento Acadêmico de Informação e Comunicação



INSTITUTO FEDERAL

Verifique o código de autenticação de 1571038539875.831182.8.5463105190450166020 em
<https://www.even3.com.br/documentos>

