

Atividade Didática Integradora na área de recursos hídricos: uma proposta para Engenharia Ambiental

RESUMO

Carla Daniela Câmara
camara@utfpr.edu.br
0000-0001-9381-2558

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil.

Thais de Fátima Balbino Lisboa
thais.lisboa7@hotmail.com
0000-0002-3530-1650

Consultora autônoma, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

Shiderlene Vieira de Almeida
shiderlene@gmail.com
0000-0001-7861-3059

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil.

Maria do Carmo Calijuri
calijuri@sc.usp.br
0000-0003-1237-8783

Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

O artigo propõe uma atividade didática integradora (ADI) que contempla a inter-relação de disciplinas da área de recursos hídricos com base em um cenário atual: o uso da água na Bacia do Alto Paranapanema (BALPA). O referido cenário suscita um tema fundamental na formação de profissionais que atuarão na gestão de recursos naturais: a crise hídrica. Temos como objetivo: “analisar a dinâmica do uso do solo e suas implicações sobre a disponibilidade de água na bacia do Alto Paranapanema”. Os métodos de pesquisa orientam-se no desenvolvimento de um diagnóstico da disponibilidade hídrica da BALPA e de sua relação com o uso do solo por meio das seguintes estratégias: análise de dados secundários referentes ao uso do solo e demanda de água pelos usos identificados, cálculo do balanço hídrico climatológico da bacia e consulta a documentos institucionais. Todas as fontes sugeridas estão disponíveis ao público. Nos resultados descreve-se a atividade desenvolvida, sendo que ela integra conteúdos de oito disciplinas e contempla 11 etapas, que subsidiam os acadêmicos para responder a seis questões que norteiam a atividade. Conclui-se que, em termos de resultados de aprendizagem, considera-se que a ADI pode impulsionar o desenvolvimento de competências esperadas para o egresso do curso de engenharia ambiental, dentre as quais destaca-se a cooperação, criatividade, autonomia e sobretudo, a capacidade de aprender a aprender. Adicionalmente, a atividade promoverá a consolidação de conhecimentos oriundos das diferentes unidades curriculares, necessários para a gestão dos recursos hídricos na escala da bacia hidrográfica ao mesmo tempo em que são sugeridas formas de elaboração de rubricas de avaliação e de aplicação da ADI.

PALAVRAS-CHAVE: Interdisciplinaridade. Recursos Hídricos. Engenharias.

1 INTRODUÇÃO

A discussão acerca da interdisciplinaridade não é nova no contexto acadêmico e educacional. O debate sobre o tema perpassa as últimas décadas, bem como as diferentes áreas do conhecimento na tentativa de transpor os limites da disciplinaridade (AMBONI *et al.*, 2012).

Ao dissertar sobre a interdisciplinaridade, Japiassu (1994) ressalta que baseado no paradigma tradicional, o saber vem sendo ensinado de forma fragmentada. O mesmo autor já admitia nos anos de 1990 que “o interdisciplinar aparece como um princípio novo de reorganização das disciplinas científicas e de reformulação das estruturas pedagógicas de seu ensino” (JAPIASSU, 1994, p. 1). No contexto do ensino das engenharias, a interdisciplinaridade pode gerar recusa por se tratar de algo um tanto desafiador, e que superaria as formas tradicionais de se trabalhar com as disciplinas bem como seus conteúdos.

Para Cezarino e Corrêa (2019), o objetivo da interdisciplinaridade consiste em integrar os conteúdos, promovendo um encadeamento de conhecimentos para solucionar um problema. Essa aplicação do conhecimento, ainda que alocado em disciplinas diferentes, se daria em busca da compreensão da realidade por meio de um problema para o qual busca-se uma solução, ou, caso não exista uma única solução, encorajaria uma visualização abrangente das possibilidades. De acordo com Pombo (2012), trata-se da combinação de disciplinas visando a compreensão de um objeto qualquer, por meio da confluência de pontos de vista diferentes.

No âmbito da graduação em engenharias, a inserção da interdisciplinaridade ou mesmo da integração de conteúdos emerge de forma modesta nas Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2019). O terceiro capítulo, que trata da organização do curso de graduação em engenharia, art. 6, parágrafo 4, instrui que ao longo de todo o curso de graduação, desde o seu início, deve-se promover atividades que promovam a integração e a interdisciplinaridade. É destacado ainda, que deve haver coerência entre tais atividades e o eixo de desenvolvimento curricular, de modo a integrar diferentes dimensões, como a científica, a ambiental, a econômica, a social e a ética (BRASIL, 2019).

A necessidade de “encadeamento de conhecimentos”, “combinação de disciplinas” ou mesmo de integração de conhecimento emerge na forma de cenários desafiadores que aguardam os egressos, dentre os quais, os engenheiros ambientais. Uma dessas conjunturas críticas da atualidade foi reportada no ano de 2021, nos resultados de pesquisas desenvolvidas no âmbito do projeto MapBiomias. Eles indicam que entre os anos de 1985 e 2020 o Brasil perdeu 15% da sua superfície de água (MAPBIOMAS, 2021). Os dados apontam ainda uma clara tendência à redução dessa superfície em todas as bacias hidrográficas do país, englobando todos os biomas brasileiros. Dentre os vários fatores que concorrem para essa redução está a dinâmica do uso do solo, norteadado pela conversão das florestas em áreas de agricultura e pastagem. Em meio a este cenário, a capacitação de profissionais que atuarão na gestão de recursos naturais assume um papel determinante.

Todavia, conteúdos programáticos que subsidiam a formação profissional desses acadêmicos no âmbito da gestão de recursos hídricos são abordados em

unidades curriculares distintas, distribuídas ao longo do curso. Essa configuração da estrutura curricular nem sempre favorece uma capacitação abrangente do estudante para a referida gestão. Tampouco o conduz ao desenvolvimento de estratégias oportunas para a racionalização do uso da água em diferentes contextos. Lanna (2001), faz uma relação entre interdisciplinaridade e gestão das águas. Em seu trabalho, o autor destaca conhecimentos envolvidos nessa tarefa e afirma ser impossível para uma pessoa, ou mesmo um pequeno grupo, ter o domínio necessário dessas disciplinas. Dessa constatação surge a necessidade de formação de grupos interdisciplinares para executar a referida gestão.

Mesmo atuando em equipe, o autor destaca ser necessário que cada profissional tenha conhecimentos básicos contemplados em sua formação. Destes, cita-se aqui alguns que fazem parte das unidades curriculares nos cursos de engenharia ambiental: hidráulica, hidrologia, saneamento ambiental, saneamento básico, erosão e sedimentação, geoprocessamento, estatística e economia. Adicionalmente, lista-se alguns dos temas apresentados por Silva *et al.* (2017), extraídos da obra de Barth (1987), como sendo relacionados aos recursos hídricos em diferentes aspectos, sendo eles: a) aproveitamento da água, aspecto no qual cita-se, entre os elencados pelo autor a irrigação, a energia hidrelétrica, o abastecimento rural, urbano e industrial; b) setores usuários, no qual destaca-se a agricultura, a silvicultura e a energia e c) recursos naturais, aspecto do qual cita-se aqui os temas solo agrícola, flora e fauna.

Buscando integrar os conhecimentos advindos de diferentes disciplinas do curso de engenharia ambiental e impulsionar uma visão interdisciplinar sobre um problema comum, o presente trabalho foi desenvolvido com o seguinte objetivo: “analisar a dinâmica do uso do solo e suas implicações sobre a disponibilidade de água na bacia do Alto Paranapanema”. Por meio dessa atividade, buscou-se atingir os seguintes objetivos específicos: oportunizar aos acadêmicos ao longo do curso, considerando as especificidades e o grau de complexidade inerente a cada período no qual as disciplinas que compõe a ADI estão alocadas, consultar, selecionar e usar diferentes bancos de dados hidrológicos e meteorológicos; analisar a evolução do uso do solo na bacia a partir de imagens, de dados agropecuários e da consulta a documentos institucionais; identificar potenciais fatores de criticidade na disponibilidade de água na bacia a partir da análise integrada das informações obtidas.

Entre os resultados de aprendizagem previstos está o desenvolvimento de competências esperadas dos egressos da engenharia ambiental. Considerou-se o conceito de competência adotado por Silva e Tonini (2018), no qual os autores a definem, entre outros aspectos, como sendo um conjunto de conhecimentos, de habilidades e de atitudes que se configuram no fazer prático.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Proposição do Estudo

A ADI intitula-se: análise da dinâmica do uso do solo e suas implicações sobre a disponibilidade de água na bacia do Alto Paranapanema. A escolha da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) se deu pela disponibilidade de dados presentes no sítio eletrônico do Núcleo de Estudos em Ecologia Espacial e

Desenvolvimento Sustentável (NEEDS), Universidade Federal de São Carlos, Campus Lagoa do Sino (NEEDS, 2021a).

2.2 Questões para orientação da ADI

1. Obter série representativa de dados mensais de precipitação e de temperatura para municípios da Bacia do Alto Paranapanema. Devem estar representados, no mínimo, dez municípios.
2. Com a série de dados gerar o balanço hídrico normal mensal (BHN) pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para cada município.
3. Elaborar síntese textual sobre o cenário hidrológico da Bacia do Alto Paranapanema utilizando os resultados do BHN: valores médios, mínimos, máximos, períodos com déficit e excedente, municípios com valores mais críticos.
4. Compilar as informações sobre o uso do solo na Bacia do Alto Paranapanema: apresentar a evolução da área ocupada pelas principais atividades econômicas com base nos dados disponibilizados pelo NEEDS.
5. Identificar as demandas de água para as principais atividades econômicas desenvolvidas na Bacia do Alto Paranapanema.
6. Identificar potenciais usos conflitivos entre as demandas de água da Bacia do Alto Paranapanema.

2.3 Formato do material a ser entregue

Sugere-se que os resultados das atividades sejam entregues no formato de relatório técnico, seguindo as normas da ABNT.

2.4 Definição das etapas de desenvolvimento da ADI

Foram definidas as etapas necessárias para o desenvolvimento da ADI e, em seguida, identificadas as unidades curriculares e respectivos conteúdos programáticos a elas associados. Tais informações estão disponíveis no sítio eletrônico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR, 2021) (Quadro 1).

Quadro 1 – Etapas de desenvolvimento, unidades curriculares e conteúdos programáticos englobados

Etapas de desenvolvimento	Unidades curriculares contempladas	Conteúdos programáticos englobados
Pesquisa dos bancos de dados	Hidrologia, Climatologia	Elementos climáticos: temperatura; Medição da precipitação.
Combinação e seleção dos diferentes bancos de dados	Hidrologia, Climatologia	Medição da precipitação; Elementos climáticos: temperatura; Séries climatológicas.
Consulta ao banco de dados Agritempo – obtenção de dados de temperatura	Climatologia, Probabilidade e estatística	Elementos climáticos: temperatura; Inferência estatística: tamanho da amostra.
Consulta ao banco de dados DAEE - obtenção de dados de precipitação	Hidrologia, Probabilidade e estatística	Medição da precipitação; Inferência estatística: tamanho da amostra.
Consulta ao banco de dados NURMA - estimativa do balanço hídrico normal (BHN) mensal	Hidrologia, Climatologia	Os critérios de classificação climática: Thornthwaite; Climatologia e a Engenharia Ambiental; Fatores geográficos do clima: influência da latitude, altitude; Estimativa da evapotranspiração.
Junção dos dados e elaboração do BHN	Probabilidade e estatística	Variáveis aleatórias: Análise exploratória de dados - importância da média e do desvio padrão.
Consulta ao banco de dados NEEDS - uso do solo	Geoprocessamento	Definições e aplicações de geoprocessamento; Técnicas de análise ambiental de paisagens.
Consulta ao banco de dados NEEDS – pivôs de irrigação	Geoprocessamento	Definições e aplicações de geoprocessamento; Técnicas de análise ambiental de paisagens.
Uso de dados do NEEDS - mapas/geoprocessamento	Geoprocessamento	Importação e processamento de dados vetoriais e matriciais em um Sistema de Informação Geográfica (SIG).
Leitura e obtenção de informações complementares (relatórios da UGRHI)	Gestão de recursos hídricos, Ecologia aplicada, Manejo de recursos naturais	Utilizações múltiplas dos recursos hídricos; Princípios de Gestão de Recursos Hídricos; Aspectos legais e institucionais da gestão de recursos hídricos; Os instrumentos de planejamento e gestão da política de recursos hídricos; Exemplos de serviços ambientais dos ecossistemas florestais; Uso e manejo de recursos naturais - água.

Elaboração de relatório técnico	Metodologia da pesquisa	Métodos e técnicas de pesquisa; Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos; A comunicação científica; A organização do texto científico; Organização do texto científico de acordo com as Normas da ABNT.
---------------------------------	-------------------------	---

Fonte: Autoria Própria (2021).

2.5 Descrição dos trabalhos que compõem cada uma das etapas da ADI

Destaca-se, inicialmente, que a atividade foi planejada para que os estudantes desenvolvam todas as etapas ao longo de um semestre letivo. A seguir, são descritos os trabalhos compreendidos em cada uma das etapas, de modo a favorecer sua aplicação com os dados sugeridos ou sua adaptação para diferentes condições regionais e fontes de dados.

Foi realizada uma pesquisa de dados meteorológicos dos municípios integrantes da Bacia do Alto Paranapanema em bancos de dados oficiais, os quais foram: Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO (CIIAGRO, 2021), Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE (DAEE, 2021), Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo (AGRITEMPO, 2021) e Núcleo de Monitoramento Agroclimático – NURMA (SENTELHAS *et al.*, 2021). Tal pesquisa teve por objetivo buscar fontes de dados confiáveis, com séries históricas amplas e com a maior abrangência de municípios possível. A competência inerente a esta etapa da atividade consiste na identificação de fontes de pesquisa e reflexão sobre a confiabilidade dessas fontes.

Foram realizadas combinações entre os diferentes bancos de dados, de modo a compatibilizar os dados necessários para elaboração do BHN mensal para os municípios da BALPA, levando em consideração o intervalo das séries históricas e os municípios abrangidos. Com base nestas combinações, foram definidos o intervalo de tempo para análise das séries de dados (2001-2020), os municípios abrangidos, e os bancos de dados a serem utilizados neste estudo. Os dados de precipitação foram fornecidos pelo DAEE, os dados de temperatura pelo Agritempo e as planilhas de BHN pelo NURMA. Refletir sobre as formas de utilização apropriadas das fontes de pesquisa, desenvolver o domínio de *software* de planilhas eletrônicas, organizar e tabular um conjunto de dados foram as competências que caracterizaram esta etapa as quais mencionamos a seguir:

- Consulta ao banco de dados Agritempo - obtenção de dados de temperatura: os dados obtidos no Agritempo foram extraídos e analisados de acordo com o período definido para o estudo. Tais dados foram fornecidos em valores diários e, portanto, precisaram ser convertidos em valores médios mensais. Nesta etapa da ADI foi oportunizada ao estudante a competência relativa ao domínio de *software* de planilhas eletrônicas, organização e tabulação de um conjunto de dados, interpretação e utilização dos dados apresentados em tabelas, além da aplicação de conhecimentos estatísticos.
- Consulta ao banco de dados DAEE - obtenção de dados de precipitação: os dados obtidos no DAEE foram extraídos e analisados de acordo com o intervalo de tempo definido para o estudo. Os dados foram fornecidos

com valores médios mensais, facilitando o processo de análise dos mesmos. As competências características desta etapa são semelhantes às descritas na etapa anterior.

- Consulta ao banco de dados NURMA - estimativa do balanço hídrico normal (BHN) mensal: foram obtidas planilhas com estimativas do BHN dos municípios selecionados para elaboração do BHN com base nos dados de precipitação e temperatura dos bancos de dados citados e no intervalo de tempo definido para o estudo. As competências características desta etapa são semelhantes às descritas nas duas etapas anteriores. Contudo, a aplicação dos conhecimentos inclui os tópicos das disciplinas de hidrologia e de climatologia.
- Junção dos dados e elaboração do BHN: os dados provenientes dos diferentes bancos de dados foram organizados e utilizados na elaboração do BHN mensal para cada um dos municípios selecionados. Nesta etapa observa-se um avanço nas competências até então desenvolvidas, uma vez que envolve a compreensão e a utilização da técnica para elaboração de balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), aplicando conhecimentos de hidrologia.
- Consulta ao banco de dados NEEDS - uso do solo: os dados referentes ao uso do solo na BALPA foram obtidos na plataforma NEEDS. Foram utilizados dados de mapeamentos do uso do solo, os quais foram analisados com auxílio do *software* de informação geográfica QGIS; também foram utilizados dados tabulados das principais atividades econômicas desenvolvidas na BALPA (agricultura, pastagem e silvicultura), os quais foram analisados com auxílio do *software* editor de planilhas Excel®. Nesta etapa, o avanço em relação às competências já desenvolvidas se caracteriza pelo fato de que o acadêmico precisará dominar um *software* de informação geográfica e manipular dados espaciais. Nas duas etapas subsequentes estas mesmas competências serão fortalecidas, uma vez que será demandado aos participantes da ADI a manipulação de dados espaciais de naturezas distintas.
- Consulta ao banco de dados NEEDS – pivôs de irrigação: os dados referentes a quantidade e distribuição dos pivôs de irrigação na BALPA foram obtidos na plataforma NEEDS. Foram utilizados dados de mapeamentos dos pivôs de irrigação, os quais foram analisados com auxílio do *software* de informação geográfica QGIS e do *software* editor de planilhas Excel®.
- Uso de dados do NEEDS: a partir dos dados de mapeamento obtidos na plataforma NEEDS e com auxílio do *software* de informação geográfica QGIS foi possível elaborar mapas que ilustram a correlação entre os pivôs de irrigação e as atividades econômicas desenvolvidas na BALPA.
- Leitura e obtenção de informações complementares (relatórios da UGRHI): foi realizada uma pesquisa para obtenção de informações complementares referentes a BALPA, as quais foram obtidas em relatórios da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) BALPA. Nesta etapa, as competências já construídas irão subsidiar as novas, considerando que será necessário identificar fontes de pesquisa, refletir sobre a sua confiabilidade, aplicá-las de forma adequada e avaliar a aplicabilidade de um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (outorga de direito de uso da água).

- **Elaboração de relatório técnico:** todas as informações obtidas foram organizadas, analisadas, correlacionadas e apresentadas no formato de relatório técnico, conforme as normas da ABNT. A competência desenvolvida nesta etapa consiste em organizar e comunicar o conhecimento construído ao longo da ADI de forma escrita, utilizando a estrutura do relatório técnico, atendendo as normas da ABNT e mobilizando, desta forma, os conhecimentos de Metodologia da Pesquisa.

Ao longo de todo o processo de desenvolvimento da ADI os discentes terão a oportunidade de desenvolver competências relativas ao pensamento crítico e reflexivo, à cooperação, à criatividade e à autonomia, aprendendo de forma significativa e compreendendo as situações-problema que irão se impor no decorrer do exercício de sua profissão. Ressalta-se que essas competências perpassam a formação dos estudantes ao longo de diferentes períodos do curso.

Conseqüentemente, seu desenvolvimento aprimora-se na medida em que avançam em relação às disciplinas cursadas. Tais competências compreendem desde atividades desenvolvidas na disciplina de Ecologia Aplicada (disciplina do terceiro período) até a disciplina optativa de Gestão de Recursos Hídricos (nono período). Destaca-se que cada disciplina se caracteriza por um grau diferenciado de desenvolvimento cognitivo, o qual será necessário para a mobilização dos conhecimentos requeridos nas diversas etapas em que as atividades acontecem. Cada participante da equipe, a depender do período em que participa da ADI desenvolverá competências distintas.

3 RESULTADOS

3.1 Obtenção das séries mensais de temperatura e precipitação

Para obtenção dos dados meteorológicos dos municípios integrantes da Bacia do Alto Paranapanema, foi realizada uma pesquisa em quatro bancos de dados oficiais, considerando-se a quantidade de municípios abrangida, o tipo de dado disponibilizado e a amplitude da série histórica (Quadro 2).

Quadro 2 – Caracterização dos bancos de dados meteorológicos

Banco de dados	Tipo de dados	Amplitude da série histórica	Quantidade de municípios da BALPA abrangidos
Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIAGRO)	Dados de temperatura e precipitação	8 a 29 anos	13
Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)	Dados de precipitação	49 a 84 anos	20
Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo)	Dados de temperatura e precipitação	20 anos	25

Núcleo de Monitoramento Agroclimático (NURMA)	Estimativa do Balanço Hídrico Normal (BHN) mensal	-	28
---	---	---	----

Fonte: Autoria Própria (2021).

Foi possível verificar que o banco de dados NURMA, o qual fornece planilhas com estimativa do BHN e permite a realização de estimativas por meio de inserção de dados, abrange o maior número de municípios da BALPA (28), seguido do banco de dados Agritempo (25), o qual fornece dados meteorológicos de temperatura e precipitação. Quanto à amplitude da série histórica, o banco de dados DAEE fornece as séries mais extensas, com mais de 30 anos, seguido do banco de dados Agritempo que apresenta séries com intervalo de aproximadamente 20 anos.

Também foram realizadas combinações entre os diferentes bancos de dados de modo a compatibilizar os dados necessários para elaboração do BHN mensal, os quais seriam temperatura, precipitação e planilhas com estimativa do BHN (Quadro 3).

Quadro 3– Combinação dos bancos de dados

Bancos de dados (Tipo de dados)	Quantidade de municípios da BALPA abrangidos
CIAGRO (Temperatura e Precipitação) + NURMA (Planilhas de BHN)	10
Agritempo (Temperatura e Precipitação) + NURMA (Planilhas de BHN)	17
DAEE (Precipitação) + CIAGRO (Temperatura) + NURMA (Planilhas de BHN)	6
DAEE (Precipitação) + Agritempo (Temperatura) + NURMA (Planilhas de BHN)	11

Fonte: Autoria Própria (2021).

Com base nestas combinações foi possível verificar que a junção entre os bancos de dados Agritempo e NURMA apresentou a maior abrangência de municípios da BALPA (17). Desse modo, considerando-se satisfatório o intervalo das séries de dados fornecidas pela Agritempo (20 anos), a quantidade de municípios (17) bem como a distribuição espacial dos municípios abrangidos pela combinação dos bancos de dados Agritempo e NURMA, estes foram os bancos de dados selecionados para serem utilizados na elaboração do BHN mensal.

Assim, foi elaborado um BHN mensal para cada um dos 17 municípios selecionados, utilizando como base as médias pluviométricas e de temperatura mensais obtidas no Agritempo para os últimos 20 anos. Porém, os balanços hídricos obtidos não apresentaram uma distribuição pluviométrica anual compatível com a realidade da região, o que levou a necessidade de uma nova análise dos bancos de dados.

Foi realizado um comparativo entre balanços hídricos elaborados com dados pluviométricos fornecidos pelas bases de dados DAEE e Agritempo. Com isso, foi

possível verificar uma diferença entre os resultados obtidos pelos diferentes bancos de dados, e diante dessa discrepância, optou-se pela utilização dos dados do DAEE. A escolha se deu porque os mesmos são também utilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema na elaboração do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos (CBH-ALPA, 2020). Em virtude dessa escolha, entretanto, foi necessário reduzir o número de municípios selecionados, embora mantendo-se o número mínimo solicitado nas questões propostas.

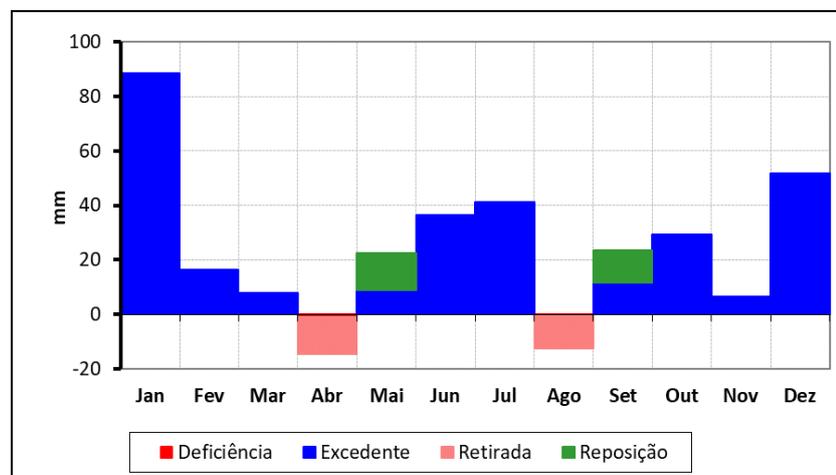
Sendo assim, considerando os critérios de quantidade mínima de municípios abrangidos e amplitude das séries históricas das fontes de dados, foi selecionada a combinação entre as fontes de dados Agritempo, DAEE e NURMA para elaboração de balanços hídricos para onze municípios da BALPA: Angatuba, Avaré, Itaberá, Itapetininga, Itapeva, Itatinga, Pilar do Sul, São Miguel Arcanjo, Sarutaiá, Tapiraí e Taquarituba.

3.2 Elaboração do balanço hídrico normal mensal pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para cada município

Foi elaborado um balanço hídrico normal mensal pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para cada um dos 11 municípios selecionados, utilizando como base as médias pluviométricas fornecidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE do estado de São Paulo e as médias de temperatura mensais obtidas no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo para o intervalo de 20 anos, definido entre as datas de 01/01/2001 a 31/12/2020.

Para cada município foi utilizada uma planilha contendo estimativas de BHN obtida pelo banco de dados NURMA. As planilhas foram alimentadas com os dados das médias mensais de precipitação e temperatura, a partir das quais foram geradas representações gráficas dos extratos dos balanços hídricos e dos balanços hídricos completos na forma de linhas e na forma de barras (Figura 1).

Figura 1– Exemplo de representação gráfica completa do balanço hídrico climatológico na forma de barras, apresentando deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano



Fonte: Adaptado de Sentelhas *et al.* (2021).

3.3 Elaboração de síntese textual sobre o cenário hidrológico da Bacia do Alto Paranapanema utilizando os resultados do BHN

A temperatura média mensal entre os municípios selecionados foi de 21,4°C. O mês que apresentou as menores temperaturas médias foi julho, o qual possui a menor temperatura registrada de 15,9 °C, para o município de Itapeva. O mês que apresentou as temperaturas médias mais elevadas foi fevereiro, o qual atingiu 25,7 °C nos municípios de São Miguel Arcanjo e Tapiraí.

A precipitação mensal variou de 35,9 mm a 298,6 mm, sendo agosto o mês menos chuvoso e janeiro o mês com maiores precipitações registradas. A média pluviométrica anual entre os municípios estudados foi de 1438,7 mm. O município de Itapeva apresentou a menor média pluviométrica anual (1201,0 mm) para o período estudado, e o município de Tapiraí apresentou a maior (2039,0 mm).

Os meses que apresentaram maior ocorrência de deficiência hídrica para os municípios estudados foram abril e agosto. O município de São Miguel Arcanjo registrou o maior valor de deficiência hídrica (-5,7 mm) para o mês de abril, e o município de Tapiraí foi o único que não apresentou deficiência hídrica.

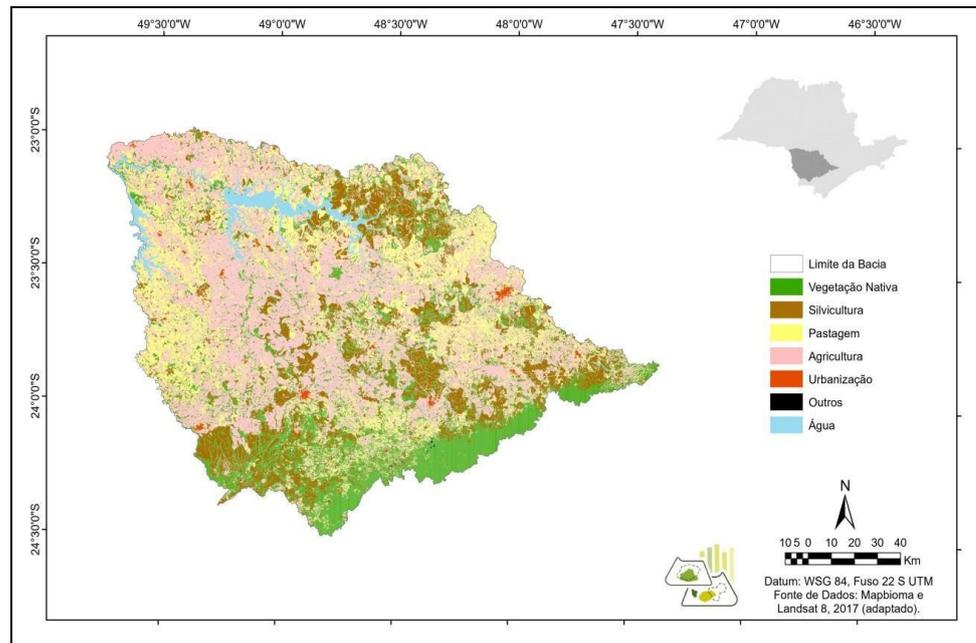
Janeiro foi o mês que apresentou maior excedente hídrico, e o município com maior excedente hídrico mensal (162,3 mm) foi Tapiraí, o qual também se destaca por ser o único município a apresentar excedente hídrico em todos os meses do ano.

3.4 Compilação de informações sobre o uso do solo na Bacia do Alto Paranapanema

Conforme dados fornecidos pelo Núcleo de Estudos em Ecologia Espacial e Desenvolvimento Sustentável – NEEDS (NEEDS, 2021a), as principais atividades econômicas desenvolvidas na bacia do Alto Paranapanema são agricultura, pastagem e silvicultura. De 1987 a 2017 houve um aumento de 150,74% das áreas utilizadas para agricultura, e de 85,21 % das áreas destinadas à silvicultura. Já as áreas utilizadas para fins de pastagem tiveram uma redução de 58,26% neste mesmo período. O total de cabeças de gado também apresentou uma redução, mas a densidade de animais apresentou um aumento de 73,57% no período analisado, demonstrando que houve uma transformação da atividade pastoril para uma forma mais intensiva, com a criação de um maior número de animais em menor quantidade de área.

Entre os anos de 1987 e 2017 ocorreu uma substituição de grande parte das áreas anteriormente destinadas à pastagem para áreas agrícolas. Conforme levantamento realizado em 2017, as áreas destinadas a agricultura ocupavam 850.376,56 ha, as áreas de pastagem ocupavam 465.638,41 ha, e as áreas utilizadas para silvicultura ocupavam 329.449,43 ha, abrangendo juntas mais de 70% da área total da bacia do Alto Paranapanema (Figura 2).

Figura 2– Uso do solo na Bacia do Alto Paranapanema em 2017



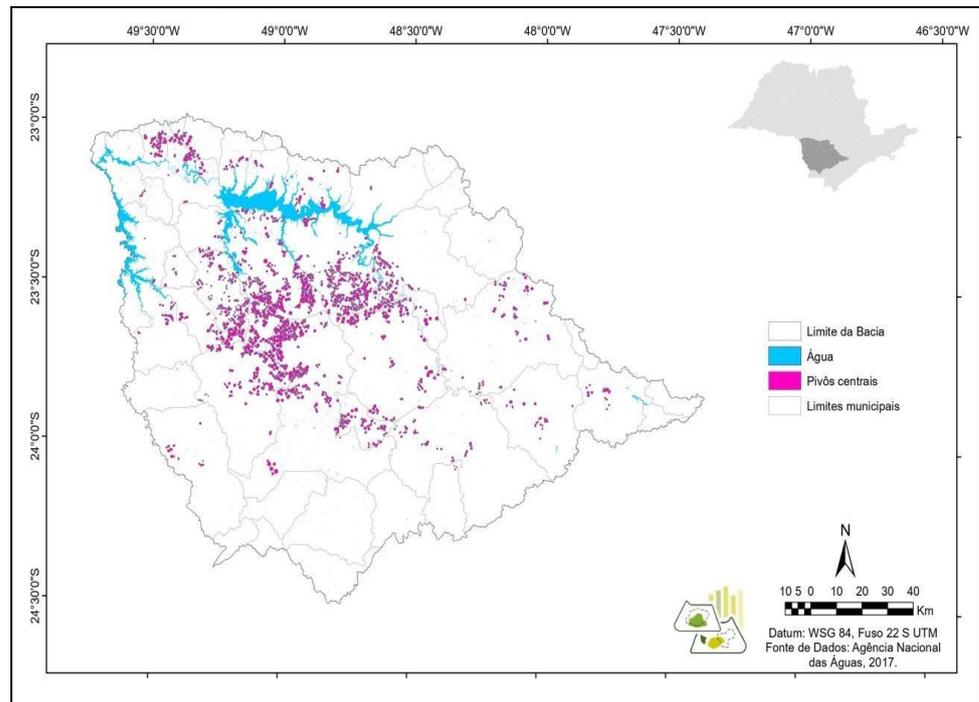
Fonte: NEEDS (2021b).

3.5 Identificação das demandas de água para as atividades econômicas desenvolvidas na Bacia do Alto Paranapanema

A agricultura é a atividade econômica que ocupa a maior área na bacia do Alto Paranapanema e também a atividade que obteve a maior evolução na área ocupada (150,74%) entre 1987 a 2017. Assim como a agricultura, o sistema de irrigação com pivô central, utilizado em grandes escalas de produção na agricultura irrigada, também apresentou uma grande evolução entre 1985 e 2017.

Em 1985 havia apenas três pivôs centrais nos municípios de Piraju, Itapeva e Itapetininga. Em 2017 este número subiu para 1.805 pivôs, distribuídos em 28 municípios integrantes da bacia do Alto Paranapanema (Figura 3).

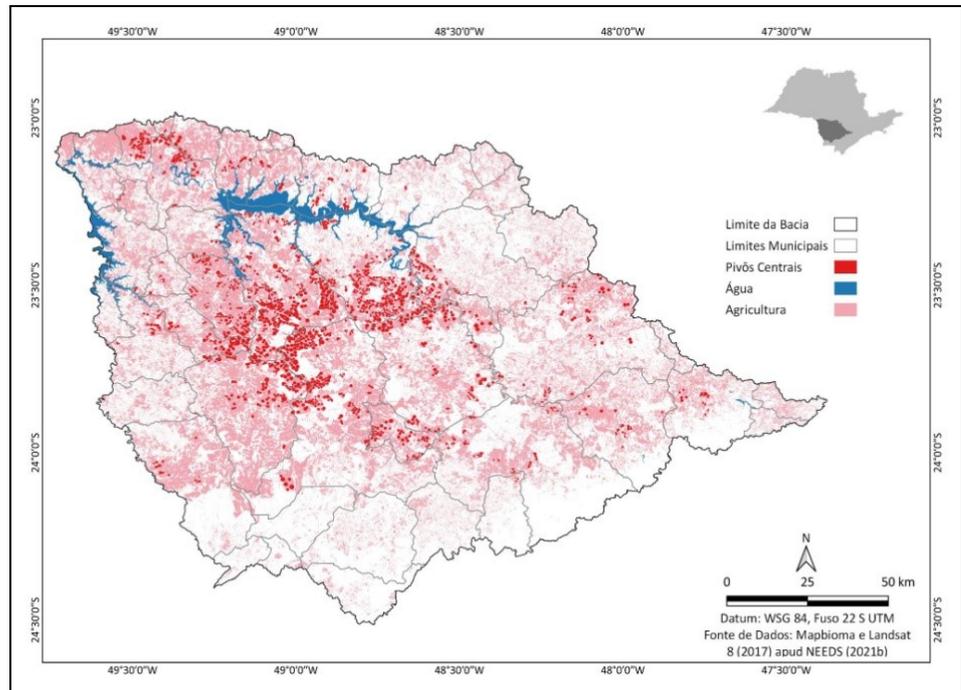
Figura 3– Distribuição de pivôs centrais na Bacia do Alto Paranapanema no ano de 2017



Fonte: NEEDS (2021b).

Verifica-se que há uma grande concentração de pivôs centrais na região central da bacia, onde também há predominância no desenvolvimento de atividades agrícolas (Figura 4), principalmente nos municípios de Itaí (335), Paranapanema (291), Itapeva (225), Taquarituba (169), Itaberá (138) e Buri (103). As demandas de águas superficiais na região que engloba esses municípios representam uma vazão outorgada de 16,85 m³/s (CBH-ALPA, 2020).

Figura 4– Distribuição de pivôs centrais e áreas de atividades agrícolas na Bacia do Alto Paranapanema no ano de 2017



Fonte: Adaptado de NEEDS (2021b).

Os pivôs centrais são equipamentos que mobilizam grandes vazões de água, e sua alta concentração apresenta uma grande pressão para os recursos hídricos, que pode fazer com que a demanda supere a disponibilidade hídrica na região. Este fato já vem ocorrendo em alguns locais da bacia, principalmente na área central, onde observa-se a ocorrência de criticidade hídrica devido a uma demanda de captações superficiais superior a 50 % do $Q_{7,10}$ (vazão mínima média de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos) (TCA; IPT, 2016).

3.6 Identificação de potenciais usos conflitivos entre as demandas de água na Bacia do Alto Paranapanema

A criticidade hídrica observada na bacia do Alto Paranapanema tem profunda relação com a expressiva demanda de água para uso rural, visto que as áreas consideradas em situação crítica quanto à disponibilidade hídrica, localizam-se em áreas rurais dos municípios de Paranapanema, Itaí e Itapeva, onde há uma intensa concentração de atividades agrícolas que demandam um elevado uso de pivôs centrais (TCA; IPT, 2018).

Outra demanda de água existente na bacia são os barramentos hidrelétricos. Existem quatro usinas hidroelétricas (UHE) na bacia: UHE Paranapanema, UHE Chavantes, UHE Piraju e UHE Jurumirim. A UHE Chavantes possui área de drenagem de 400 km² e vazão média anual de 310,00 m³/s; e a UHE Jurumirim possui área de reservatório de 449 km² e vazão média diária de 54 m³/s (TCA; IPT, 2016).

Com o aumento da quantidade de pivôs centrais utilizados na agricultura irrigada, também houve um aumento considerável (110,97%) na quantidade de

barramentos hidrelétricos de 2007 (401) a 2015 (846) (TCA; IPT, 2016). A partir de 2016, começaram a ocorrer alterações no regime hidrológico da bacia devido à escassez de chuvas, e em 2019, as mudanças no padrão pluviométrico levaram ao rebaixamento dos reservatórios utilizados pelas usinas hidroelétricas, como o reservatório Jurumirim, que apresentou um volume útil de 40% em maio de 2019 (CBH-ALPA, 2020).

Após a análise dos resultados obtidos, sugere-se algumas iniciativas para o uso racional da água na BALPA: a) estudo do volume captado por meio dos pivôs usando os dados de outorgas concedidas; b) realizar um levantamento de possíveis captações não outorgadas; c) identificar áreas prioritárias para restauração florestal por meio da adequação das propriedades à Lei de Proteção da Vegetação Nativa – Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), visando impulsionar a recuperação de serviços ecossistêmicos hidrológicos, especialmente a regularidade de vazões dos riachos da BALPA, seguindo os estudos de Honda e Durigan (2017).

4 CONCLUSÕES

A pesquisa realizada oportunizará aos acadêmicos a consulta e avaliação de quatro bancos de dados meteorológicos, bem como a seleção daqueles que se mostraram adequados. Por meio das atividades propostas será possível também analisar a evolução do uso do solo na bacia a partir de imagens e dados agropecuários, consolidando conhecimentos relativos às disciplinas da área de geoprocessamento. A determinação do balanço hídrico normal mensal demandará conceitos básicos na área de hidrologia. O mesmo se dará durante a localização espacial dos pivôs de irrigação, bem como da análise dos totais outorgados, englobando ainda conhecimentos de geoprocessamento. A avaliação final dos dados obtidos associados às informações extraídas dos documentos institucionais permitirá o exercício consistente da unidade curricular "Gestão de Recursos Hídricos".

Por outro lado, a proposição de ações visando o uso racional da água e o favorecimento do serviço ecossistêmico de provisão, por meio da restauração florestal, tem sintonia com os conteúdos de Ecologia Aplicada e Restauração Ambiental. Em relação à sugestão de estudos para identificar possíveis captações não outorgadas, este procedimento permitirá a aplicação de conteúdos de Gestão de Recursos Hídricos, mais precisamente aqueles relacionados aos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Por fim, a elaboração do relatório técnico possibilitará a aplicação dos procedimentos e normas técnicas com as quais os estudantes tiveram contato inicial na disciplina de Metodologia da Pesquisa.

A consulta a documentos institucionais subsidiará a análise crítica do cenário atual de disponibilidade hídrica na bacia, desenvolvendo, dessa forma, uma das competências esperadas no egresso de engenharia: "ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de engenharia". A referida competência está prevista nas Diretrizes Nacionais Curriculares no Curso de Graduação em Engenharia (BRASIL, 2019, p. 1).

Por meio da execução dos trabalhos e discussão com o grupo, o acadêmico desenvolverá a capacidade de identificar potenciais fatores de criticidade na disponibilidade de água na bacia, a partir da análise integrada das informações obtidas. Dessa forma poderá, concomitantemente, desenvolver outra competência esperada e prevista na DCN 2019: "adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares na sua prática" (BRASIL, 2019, p. 1).

A aplicação da atividade didática integradora tem potencial para impulsionar o desenvolvimento de competências esperadas para o egresso do curso de engenharia ambiental, dentre as quais podemos destacar a cooperação, criatividade, autonomia e sobretudo, a capacidade de aprender a aprender. Para que esse potencial seja alcançado sugere-se que a atividade seja desenvolvida em grupos formados por, no mínimo, um estudante de cada disciplina.

Cada estudante poderá contribuir na dinâmica do grupo mobilizando conhecimentos inerentes à sua disciplina, o que constitui uma condição singular para a interação entre os pares com distintos níveis de desenvolvimento do conhecimento.

A oferta de uma rubrica de avaliação poderá ser feita, por exemplo, individualizando as etapas de desenvolvimento (conforme Quadro 1) ou mesmo tendo como referência as "questões para orientação da ADI".

INTEGRATIVE DIDACTIC ACTIVITY IN THE WATER RESOURCE FIELD: AN ENVIRONMENTAL ENGINEERING PROPOSITION

ABSTRACT

The aim of the current article is to propose an integrative didactic activity (IDA) that encompasses the association of different disciplines in the water resource field, based on the water use scenario in Alto Paranapanema River Basin (BALPA). This scenario gives room to a fundamental topic addressed in the training process provided to professionals who work in the natural resource management field, namely: water crisis. **AIM:** Analyze the dynamics of land use and its implications for water availability in the Alto Paranapanema river basin. **METHODS:** The study provides guidelines to analyze water availability at BALPA and its association with soil use, based on the following strategies: analyzing secondary data about soil use and water demand associated with the identified use types, calculating the climatological water balance of the investigated basin, and consulting institutional documents. All herein suggested sources are available to the public. **RESULTS:** the developed activity was described; it integrated contents from eight different disciplines, and encompassed 11 stages, to enable students to answer the six questions guiding it. **CONCLUSIONS:** With respect to learning outcomes, it is considered that ADI can boost the development of skills expected for graduates of the environmental engineering course, among which cooperation, creativity, autonomy and above all, the ability of learning to learn stand out. Additionally, the activity will promote the consolidation of knowledge for the management of water resources at the river basin scale, while at the same time suggesting ways of developing evaluation rubrics and applying the IDA.

KEYWORDS: Interdisciplinarity. Water resources. Engineering.

REFERÊNCIAS

AMBONI, N., ANDRADE, R. O. B., LIMA, A. J., MULLER, I. R. F. Interdisciplinaridade e complexidade no curso de graduação em Administração. **Cad. EBAPE.BR**, v. 10, n. 2, p. 302-328, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/9fKSHfpQm5LfZgtn8NRHnQH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 27 ago. 2021.

BARTH, F. T. **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos**. ABRH/Nobel, 1987. 526 p.

BRASIL. **Resolução nº 2 de 24 de abril de 2019**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 de abril de 2019. Seção 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>. Acesso em: 27 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 27 ago. 2021.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS – CIIAGRO (São Paulo), 2021. **Quadro de Temperatura Média Mensal**. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>. Acesso em: 27 maio 2021.

CEZARINO, L. O.; CORRÊA, H. L. Mensuração da interdisciplinaridade nos cursos de graduação em Administração. **Avaliação**, Campinas; Sorocaba, SP, v. 24, n. 1, p. 174-188, mar. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aval/a/HGL9GHtCYQTtvv7qBHRNTHn/?lang=pt>. Acesso em: 27 ago. 2021.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA - CBH-ALPA (São Paulo). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **RELATÓRIO DE SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO**: Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Alto Paranapanema – UGRHI-14 2020 – Ano Base 2019. Piraju, 2020. 68 p. Disponível em: https://cbhalpa.com.br/public/pdf/RS_2020_ab_2019%20v%20final.pdf. Acesso em: 29 jun. 2021.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE (São Paulo), 2021. **Banco de Dados Hidrológicos**. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>. Acesso em: 27 maio 2021.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 315-327, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hoehnea/a/94FLKd8kSgdzCHNpVsifMJQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 ago. 2021.

JAPIASSU, H. A questão da interdisciplinaridade. **Seminário internacional sobre reestruturação curricular**, Secretaria Municipal de Educação, Porto Alegre, 1994. Disponível em: <http://smeduquedecaxias.rj.gov.br/need/Biblioteca/Forma%C3%A7%C3%A3o%20Continuada/Artigos%20Diversos/interdisciplinaridade-japiassu.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

LANNA, A. E. L. **Introdução à gestão das águas no Brasil**: notas de aulas adotadas em diversos cursos sobre Gestão de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2001.

MAPBIOMAS. **Mapeamento da superfície de água no Brasil (Coleção 1)**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/metodo-agua>. Acesso em: 25 ago. 2021.

NÚCLEO DE ESTUDOS EM ECOLOGIA ESPACIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - NEEDS. **Dados tabulados**. 2021a. Disponível em: https://www.needs.ufscar.br/dados_tabulados/dados-tabulados. Acesso em: 24 jun. 2021.

NÚCLEO DE ESTUDOS EM ECOLOGIA ESPACIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - NEEDS. **Mapeamentos**. 2021b. Disponível em: <https://www.needs.ufscar.br/mapeamentos>. Acesso em: 18 jun. 2021.

POMBO, O. Interdisciplinaridade: conceito, problemas e perspectivas. In: POMBO, O. **A interdisciplinaridade**: reflexão e experiência. Lisboa: Universidade de Lisboa, p. 8-14, 2012.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; ALFONSI, R. R.; CARAMORI, P. H.; SWART, S. (org.). **BHBRASIL**: balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/nurma.html>. Acesso em: 27 maio 2021.

SILVA, D. C., CANDIDO, G., BARACUHY, J., CHAVES, H., CURTI, W. Gestão de recursos hídricos no Brasil e interdisciplinaridade: Uma reflexão em torno de apontamentos contemporâneos desta relação. **Espacios**, v. 38, n. 1, p. 4-19, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n01/a17v38n01p04.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2021.

SILVA, J. C.; TONINI, A. M. O processo educativo baseado em problemas e a formação de competências do engenheiro. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p. 364-385, set./dez, 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/6680>. Acesso em: 27 ago. 2021.

SISTEMA DE MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO – AGRITEMPO. **Pesquisa de dados meteorológicos**, 2021. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=SP>. Acesso em: 28 maio 2021.

TCA SOLUÇÕES E PLANEJAMENTO AMBIENTAL; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI 14) 2016-2027: Relatório I - Informações Básicas**. Piraju, 2016. 243 p. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-ALPA/12024/relatorioalparevisaodezembro5.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2021.

TCA SOLUÇÕES E PLANEJAMENTO AMBIENTAL; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI 14) – 2016-2027: Relatório II – Plano de Bacia**. Piraju, 2018. 163 p. Disponível em: <https://cbhalpa.com.br/public/pdf/Plano%20da%20Bacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20do%20Alto%20Paranapanema.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2021.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955, 104 p.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Campus Medianeira. **Engenharia Ambiental, Matriz e Docentes**. Disponível em: <http://portal.utfpr.edu.br/cursos/coordenacoes/graduacao/medianeira/md-engenharia-ambiental/matriz-e-docentes>. Acesso em: 02 jun. 2021.

Recebido: 01 dez. 2021.

Aprovado: 11 nov. 2023

DOI: 10.3895/rbect.v17n1.14989

Como citar: CÂMARA, C. D.; LISBOA, T. F. B.; ALMEIDA, S. V.; CALIJURI, M. C. Atividade Didática Integradora na área de recursos hídricos: uma proposta para Engenharia Ambiental. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 17, p. 1-20, 2024. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/14989>. Acesso em: XX.

Correspondência: Carla Daniela Câmara - camara@utfpr.edu.br

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

