

UFRRJ

PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Geoprocessamento como Ferramenta Para
Comparar Variação de Uso do Solo do Instituto
Federal do Rio Grande do Sul, *Campus Vacaria*

Bruna Botin Nascimento

2025



UNISOLOS

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO,
LEVANTAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA COMPARAR
VARIAÇÃO DO USO DE SOLO DO INSTITUTO FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL, *CAMPUS VACARIA***

BRUNA BOTIN NASCIMENTO

Sob a Supervisão da Professora
Lúcia Helena Cunha dos Anjos

E da Pesquisadora
Ana Carolina de Souza Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido como requisito parcial para
obtenção do título de **Especialista** em
Geoprocessamento, Levantamento e
Interpretação de Solos.

Seropédica, RJ
Agosto de 2025



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central/Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
Com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N244g Nascimento, Bruna Botin, 1984-
Geoprocessamento como ferramenta para comparar
variação do uso de solo do Instituto Federal do Rio
Grande do Sul Campus Vacaria / Bruna Botin
Nascimento. - Seropédica, 2025.
19 f.: il.

Orientadora: Lúcia Helena Cunha dos Anjos.
Coorientadora: Ana Carolina de Souza Ferreira.
Monografia(Especialização). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Especialização em
Geoprocessamento, levantamento e interpretação de
solos, 2025.

1. Geoprocessamento. 2. Solo . 3. Solo - Uso. 4.
Randon Forest. 5. Sensoriamento remoto. I. dos Anjos,
Lúcia Helena Cunha , 1957-, orient. II. Ferreira, Ana
Carolina de Souza, 1987-, coorient. III Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Especialização em
Geoprocessamento, levantamento e interpretação de
solos. IV. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

É permitida a cópia parcial ou total deste documento, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO, LEVANTAMENTO
E INTERPRETAÇÃO DE SOLOS**

BRUNA BOTIN NASCIMENTO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi submetido como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

TCC APROVADO EM 15 de agosto de 2025.

Profª. Lúcia Helena Cunha dos Anjos
(Supervisora)

Pesquisadora Ana Carolina de Souza Ferreira
UFRRJ

Pesquisador Renato Siquini de Souza
UFRRJ

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela força e resiliência que me concede a cada oportunidade experienciada, pela família e amigos que são fontes permanentes de incentivo e compreensão e pela possibilidade de passar por mais uma instituição pública de ensino de excelência.

Agradeço especialmente à minha querida orientadora, professora doutora Lúcia Helena Cunha dos Anjos, primeiro por me aceitar como orientada, segundo pela forma tranquila, humana e generosa que orienta, que faz e fez muita diferença, e terceiro pelo exemplo de profissionalismo, força e feminismo.

Agradeço a todos os tutores pelas contribuições ao longo do caminho, em especial à tutora Ana Carolina de Souza Ferreira, que também foi minha supervisora na elaboração desse trabalho. À Ana, expressei ainda o meu especial agradecimento pelos ensinamentos e enorme ajuda em tudo relacionada à análise dos dados georreferenciados; sua acessibilidade, disponibilidade e seus ensinamentos foram essenciais para a execução e utilização dessa ferramenta neste estudo. Estendo meus agradecimentos a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ter feito parte desse projeto e nos proporcionar a oportunidade de ter acesso ao seu corpo docente, estudantes e infraestrutura. Agradeço ainda a todos os professores que contribuíram com o curso pelos ensinamentos ofertados nas disciplinas.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos os colegas que de alguma forma me ajudaram no decorrer da caminhada, seja academicamente ou não.

RESUMO

Nascimento, Bruna Botin. **Geoprocessamento como ferramenta para comparar variação do uso de solo do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Vacaria**. 2025. 19f. Trabalho de Conclusão de Curso Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos. Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

O presente trabalho analisou a variação do uso do solo do Instituto Federal do Rio Grande do Sul *Campus Vacaria* durante sua primeira década de existência, por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento, utilizando imagens de satélite do sensor *Sentinel-2A (Copernicus)*, o algoritmo de classificação supervisionada *Random Forest* e linguagem de programação R. Foram gerados mapas temáticos referentes aos anos de 2017 e 2025, avaliados por métricas estatísticas de acurácia e coeficiente Kappa, além de outras métricas de estatística para permitir uma análise detalhada por classes de uso. Os resultados demonstraram bom desempenho do modelo, com ligeira superioridade para o ano de 2017, embora os dados de 2025 também tenham apresentado consistência. Observou-se aumento da área construída (32%) e expansão dos fragmentos de mata (31%), evidenciando tanto o avanço da infraestrutura do *Campus* quanto processos de regeneração natural. Houve redução da área não manejada e confusões espectrais entre algumas classes, indicando necessidade de aprimoramento do modelo e de práticas mais conservacionistas no manejo do solo. O estudo evidencia a relevância do geoprocessamento como ferramenta acessível e eficaz para monitoramento do uso do solo, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento sustentável do *Campus Vacaria* e servindo como material de apoio em atividades acadêmicas e de gestão da instituição.

Palavras-chave: Planejamento sustentável. Sensoriamento remoto. Random Forest.

ABSTRACT

Nascimento, Bruna Botin. **Geoprocessing as a tool to compare land use variation of Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus Vacaria**. 2025. 19p. Trabalho de Conclusão de Curso (Specialization in Geoprocessing, Soil Survey and Interpretation). Pró-reitoria de Extensão, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

This study analyzed the land use variation of *Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus Vacaria*, during its first decade of existence, through the application of geoprocessing techniques, using Sentinel-2A (Copernicus) satellite images, the Random Forest supervised classification algorithm, and the R programming language. Thematic maps were generated for the years 2017 and 2025, evaluated by accuracy and Kappa coefficient, as well as additional statistical metrics for a detailed analysis of land use classes. The results showed good model performance, with slightly higher accuracy in 2017, although the 2025 data also presented consistency. An increase in built-up areas (32%) and forest fragments (31%) was observed, reflecting both infrastructure expansion and natural regeneration processes. A reduction in unmanaged areas and spectral confusion between some classes indicated the need for model improvement and more conservation-oriented management practices. The study highlights the relevance of geoprocessing as an accessible and effective tool for land use monitoring, providing technical support for sustainable planning at *Campus Vacaria* and serving as teaching material in academic and institutional management activities.

Keywords: Sustainable planning. Remote sensing. Random Forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo dentro do município de Vacaria, do Estado do Rio Grande do Sul e do Brasil.....	3
Figura 2 - Mapa de declividade do município de Vacaria.	4
Figura 3 - Mapa de classes de solo do município de Vacaria.	5
Figura 4 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento dos mapas de uso do solo.....	7
Figura 5 - Mapas de uso do solo do IFRS Campus Vacaria para os anos de 2017 e de 2025. .	8
Figura 6 - Diagrama de Sankey das classes de uso do solo analisadas para os anos de 2017 e de 2025.	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de desempenho geral dos modelos preditos de classificação do uso do solo e desempenho por classe das métricas estatísticas analisadas para os anos de 2017 e de 2025	9
Tabela 2 - Matrizes de confusão dos modelos preditos de classificação do uso do solo para os anos de 2017 (superior) e de 2025 (inferior)	11
Tabela 3 - Áreas das classes de uso do solo dos modelos preditos para os anos de 2017 e de 2025, calculadas pela função r.report do provedor GRASS, no QGIS (versão 3.34.12)	12

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	2
3. APLICABILIDADE	3
3.1. Caracterização da Área de Estudo	3
3.2. Definição e Aquisição dos Dados	6
3.3. Etapas de Desenvolvimento dos Mapas	6
4. PROTÓTIPO	8
4.1. Mapas de Uso do Solo	8
4.2. Interpretação dos Resultados	8
4.2.1. Utilização do algoritmo Random Forest para gerar os mapas temáticos de uso do solo	8
4.2.2. Variação do uso do solo do IFRS Campus Vacaria	11
5. RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO	14
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
8. APÊNDICES	17
9. ANEXOS	19



1. APRESENTAÇÃO

A interiorização dos Institutos Federais dentro do território brasileiro permitiu ampliar não só a oportunidade de uma educação gratuita e de qualidade para a população do interior, mas também a diversificação de cursos ofertados para ela, trazendo para essas instituições cursos relacionados ao manejo do solo, de natureza agrária, como agropecuária e agronomia. A presença desses cursos gera, inclusive, uma nomenclatura específica para esses *Campi*, *Campus* Agrícola, ou seja, é um *Campus* relativo ao campo e à agricultura, e, portanto, carrega a responsabilidade de ser o espelho do conhecimento que possui, produz e compartilha.

O solo é a base dos sistemas agrícolas, e na perspectiva de tempo biológico dos seres humanos pode ser considerado um recurso finito, já que o tempo necessário para a formação de uma camada profunda o suficiente para produzir alimentos e/ou sustentar edificações é muito superior àquele de vida de algumas gerações dessa espécie. Logo, o uso consciente e o monitoramento constante de sua qualidade se fazem mais do que necessário para a saúde e a sustentabilidade desse sistema, bem como para a manutenção dos serviços prestados por ele.

Neste contexto, pensar e buscar alternativas para definir a melhor estratégia de uso do solo do IFRS *Campus* Vacaria configura passo importante de sua história e trajetória, para que além do uso mais responsável haja também conscientização e difusão da importância desse planejamento e cuidado, fazendo do *Campus* um exemplo no que se refere ao manejo e conservação desse recurso. Um *Campus* Agrícola precisa planejar bem como organizar e manejar sua área, pois o sucesso de muitos experimentos e de muitos dos investimentos no processo de criação de áreas agrícolas didáticas está fortemente relacionado ao tipo de solo selecionado.

Contudo, para se planejar bem o uso de um recurso natural, é preciso conhecer seu histórico, e reconstituir a história de uso de solo de um local no espaço e no tempo nem sempre é uma tarefa fácil, principalmente em função da escassez de registros e informações. É nessa perspectiva que o geoprocessamento se destaca, pois dentre as possibilidades atuais, acessíveis, para auxiliar no acesso à essa informação e no planejamento desse uso, ele se apresenta como uma ferramenta que possibilita organizar esses dados na forma visual de mapas, facilitando não só sua visualização, mas também sua comparação entre épocas diferentes, permitindo analisar o resultado das estratégias adotadas e a tomada de decisões. Atualmente, o geoprocessamento é a ferramenta mais democrática para acessar de forma rápida, prática, barata e didática as informações do uso do solo no passado, e assim compará-las com as do presente, pensando num planejamento de uso atual e futuro, que promova a saúde e a sustentabilidade desse sistema.

Diante do exposto, objetivou-se com a realização desse trabalho contribuir com a caminhada do IFRS *Campus* Vacaria na busca pelo conhecimento sobre seus solos, visando facilitar o acesso à essa informação, motivar a constante avaliação das estratégias adotadas e o planejamento consciente, embasado e sustentável do uso desse recurso.



2. JUSTIFICATIVA

Sendo o solo a base da tomada de decisão em vários cenários relacionados ao planejamento de um *Campus* Agrícola, conhecer e estudar seu histórico de uso, comparar essa informação com a prática atual, observando suas alterações, possíveis falhas e potenciais, configura estratégia fundamental para melhor utilização desse recurso.

O IFRS *Campus* Vacaria ainda é uma instituição nova, sem muitos experimentos de campo executados, com a maior parte de sua área agrícola ainda não utilizada, contudo, situado em uma área com amplo histórico de utilização, situação perfeita para a aplicação das novas técnicas e ferramentas no auxílio de um planejamento de uso do solo.

Por isso, iniciar a caminhada em busca de conhecimento que auxilie no planejamento de uso desse recurso, começando pela comparação desse uso dentro da sua curta trajetória, é uma oportunidade para refletir sobre o cuidado e a importância que o *Campus* tem dado e pretende ter para com a base do sistema agrícola, ou seja, para com seus solos.

Em síntese, o conhecimento holístico da situação de uso e manejo dos solos do *Campus* Vacaria permitirá examinar e ponderar sobre o planejamento de uso já estabelecido, principalmente em relação às divisões e destinações das áreas experimentais, além de permitir demonstrar a importância de se atualizar frente às novas técnicas e ferramentas disponíveis para esse fim. Diante da importância do sistema solo para a longevidade e sucesso de um *Campus* Agrícola, todo recurso disponível, ainda mais de fácil acesso e de baixo custo, que promova melhorias e lance luz sob seu manejo deve ser considerado e utilizado, almejando sua conservação e sustentabilidade.

3. APLICABILIDADE

3.1. Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo escolhida foi o *Campus Vacaria* do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), que é relativamente novo, além de ser um *Campus* Agrícola. O IFRS *Campus Vacaria* conquistou sua autonomia em 2015, funcionando em sua sede atual desde 2016. O *Campus* está sediado em uma área de 60.000 m² (60 ha), doada pelo Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária - DDPa (antiga Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO) (Figura 1).

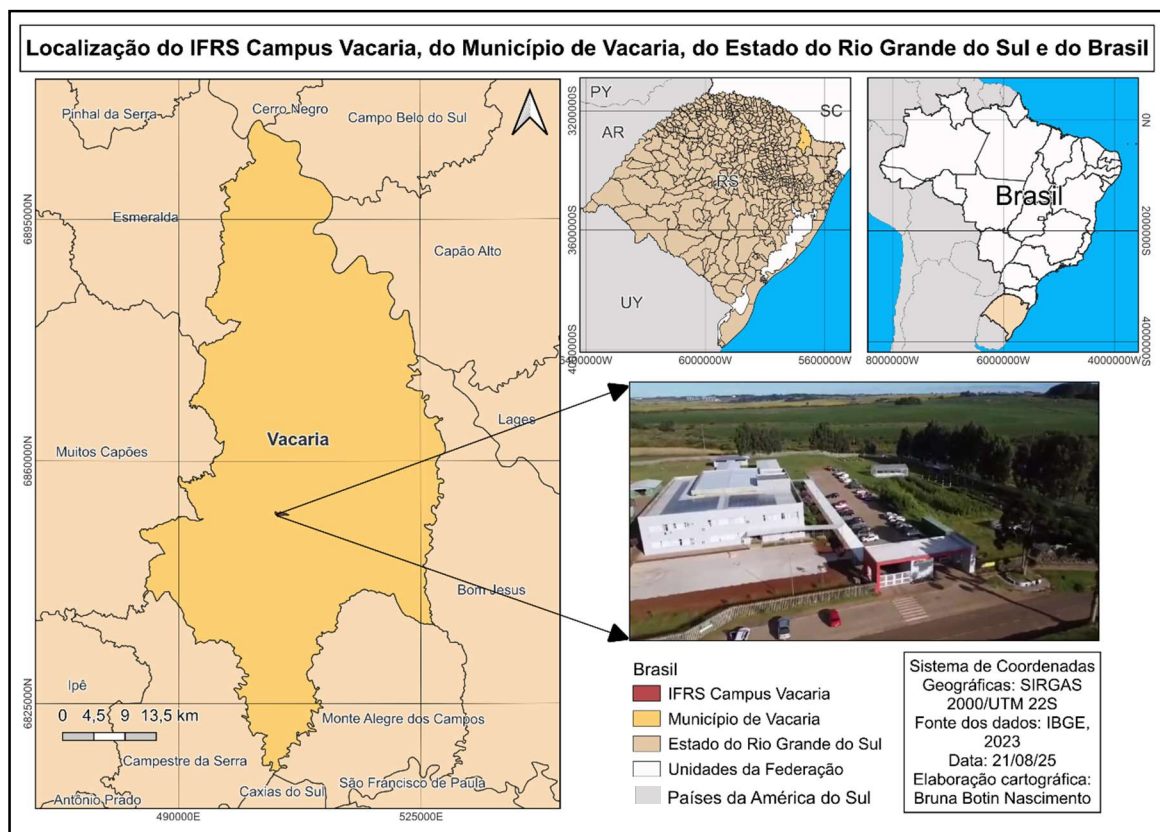


Figura 1 - Localização da área de estudo dentro do município de Vacaria, do Estado do Rio Grande do Sul e do Brasil.

Fonte: Elaborada pela autora.

Na figura acima, nota-se que o município de Vacaria está situado na porção Nordeste da província geomorfológica do Planalto do Rio Grande do Sul, região fisiogeográfica denominada de Campos de Cima da Serra. Embora seja associada à uma região de superfície mais aplainada, Vacaria apresenta uma certa diversidade de altitudes, como é possível observar no mapa de declividade da região (Figura 2). A maior parte do município possui áreas planas (< 3%) e de baixa declividade (3 a 8%), principalmente na sua porção Central, onde se localiza o IFRS *Campus Vacaria*. Nas porções Sul, Sudoeste, Norte e Nordeste, o município apresenta áreas de declividade mais moderada, formando um relevo mais ondulado (8 a 20% e 20 a 45%), com alguns vales e planícies, chegando a ficar fortemente dobrado nas porções limítrofes à

Sudoeste e Nordeste, com as maiores cotas de inclinação do terreno (45 a 75%). O relevo de Vacaria confere ao município boas áreas para a atividade agrícola, principalmente para o cultivo de grãos e de frutas, seus carros chefes.

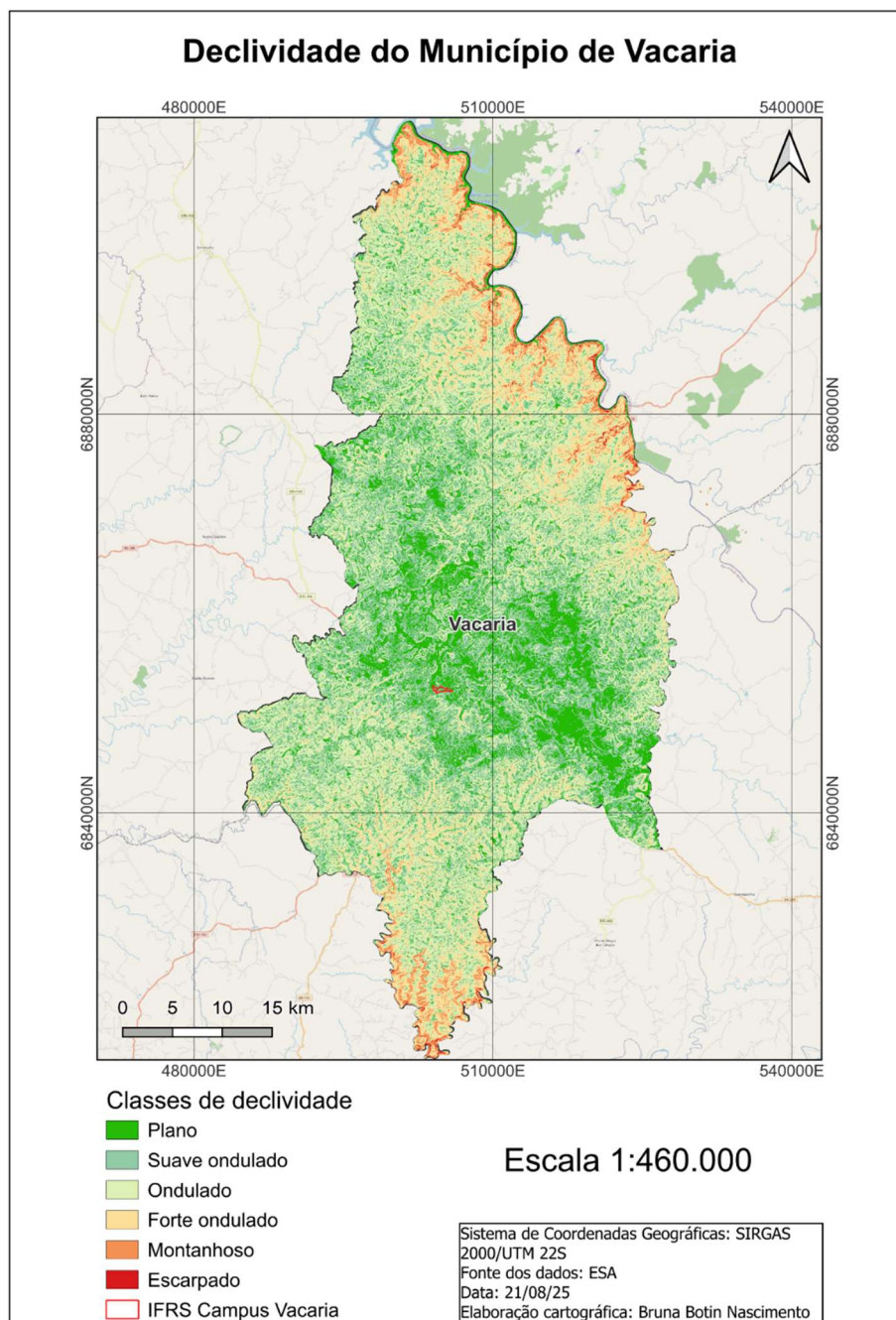


Figura 2 - Mapa de declividade do município de Vacaria, com localização da área de estudo.
Fonte: Elaborada pela autora.

A cidade de Vacaria está incluída na área de domínio das rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral, com ocorrência da classe dos Latossolos na maior parte do seu território, predominando o Latossolo Bruno Distroférico, onde se localiza o IFRS *Campus* Vacaria, e o Latossolo Vermelho Aluminoférico (Figura 3). Em uma pequena parte do extremo Sudoeste,



verifica-se a presença do Nitossolo Vermelho Alumínico. Nas porções Sul, Norte e Nordeste há Cambissolos Húmico Alumínicos e Neossolos Litólico Chernossólicos, onde o relevo apresenta suas maiores cotas de inclinação. Devido a expressiva precipitação pluvial da região, os solos do município são distróficos, alumínicos ou distroféricos e aluminoférricos.

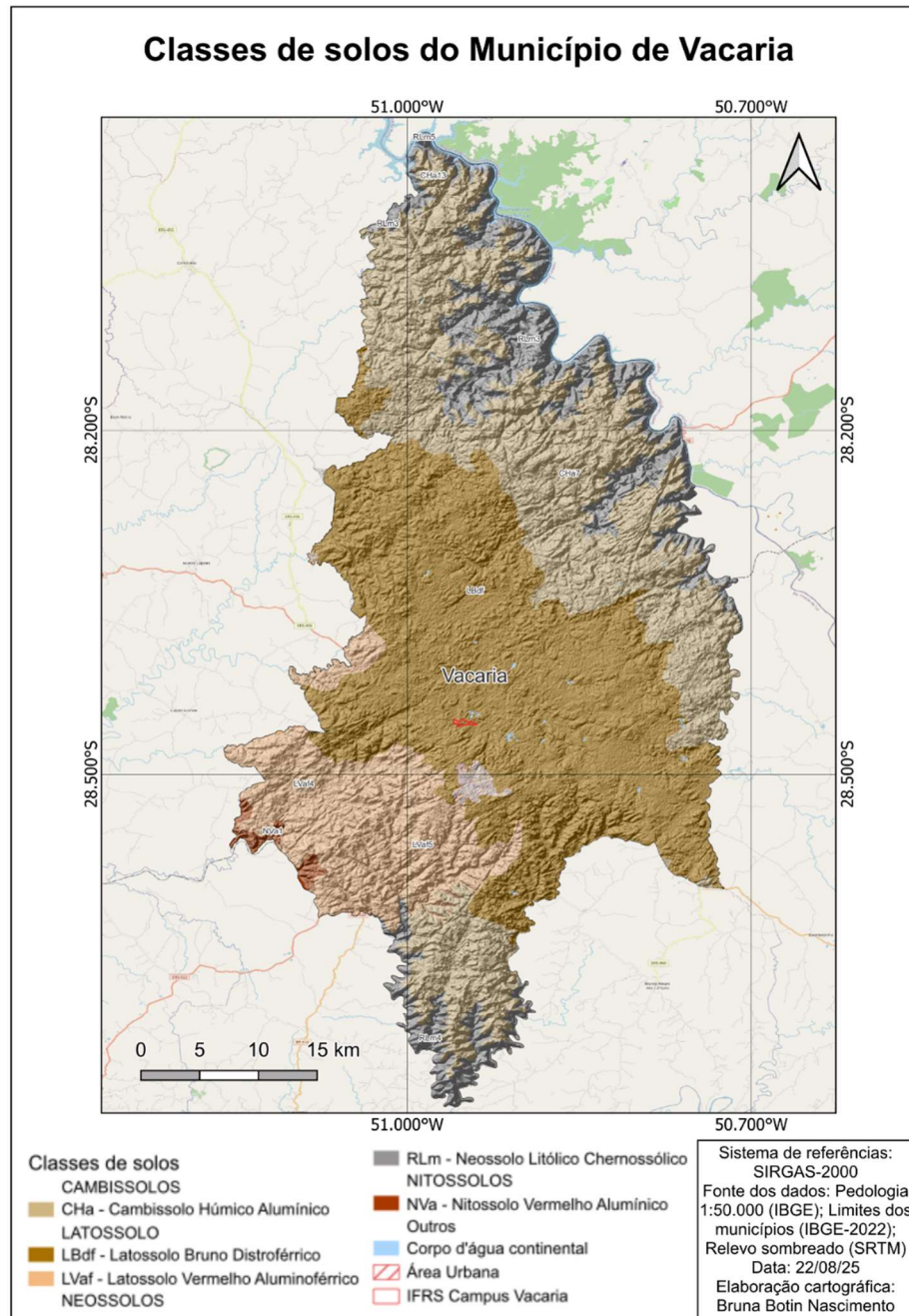


Figura 3 - Mapa de classes de solo do município de Vacaria, com localização da área de estudo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Contudo, embora a principal fonte cartográfica de informação pedológica da região aponte domínio de Latossolo Bruno Distroférico para a área de localização do IFRS *Campus* Vacaria, Potter (1977), em sua dissertação intitulada “Caracterização de solos da região dos



Campos de Cima da Serra-RS”, com um levantamento detalhado dos solos da Estação Experimental de Vacaria, identificou maior variedade de solos para a área (Apêndice A), explicitando a importância de se conhecê-la para planejar o uso mais consciente, conservacionista e eficaz desse recurso.

3.2. Definição e Aquisição dos Dados

A identificação da variação do uso do solo, por meio de mapas temáticos, foi realizada a partir da classificação supervisionada, elaborada utilizando o algoritmo Random Forest, com imagens de satélite do sensor *Copernicus Sentinel-2/MSI 2A*, disponíveis gratuitamente pelo projeto Brazil Data Cube (BDC), no site <data.inpe.br>. Este sensor fornece imagens reprojatadas e recortadas para a grade BDC_SM V2, facilitando sua análise e comparação, e em excelente resolução espacial (10 metros).

Em função da escolha do pacote de imagens disponíveis, 2017 foi definido como o ano inicial da comparação do uso do solo da área de estudo; não comprometendo o objetivo do trabalho, haja visto que no *Campus Vacaria*, no seu primeiro ano de funcionamento da sede atual (2016), praticamente não houve diferença na utilização de sua área agrícola em relação ao ano de 2017. Definido o ano inicial da avaliação, uma cena em nuvens datada de 12 de julho foi selecionada para os anos de 2017 e de 2025, no site acima mencionado.

Os arquivos vetoriais no formato *shapefile* do contorno da área do *Campus Vacaria* e dos pontos de amostragem referentes às classes de uso do solo foram elaborados no *software* QGIS (versão 3.34.12). O arquivo vetorial no formato *shapefile* do contorno da área do *Campus Vacaria* foi elaborado a partir da criação de uma nova camada vetorial do tipo polígono, tendo como base a imagem do Google Satélite. Já o arquivo vetorial no formato *shapefile* dos pontos de amostragem referentes às classes de uso do solo foi elaborado utilizando, inicialmente, a ferramenta Miscelânea, por meio da geração de uma composição cor verdadeira, com o empilhamento das bandas 4, 3 e 2 das imagens obtidas do sensor *Copernicus Sentinel-2/MSI 2^a*, e, posteriormente, com a criação de uma nova camada vetorial do tipo pontos, sendo selecionados 20 pontos para cada classe de uso do solo, as quais foram assim definidas: “Área construída”, “Área manejada”, “Área não manejada”, “Área úmida”, “Fragmento de mata” e “Solo exposto”.

3.3. Etapas de Desenvolvimento dos Mapas

Os mapas de uso do solo para os anos de 2017 e de 2025 foram gerados a partir de linguagem de programação R, por meio da utilização do *software* RStudio. Dentro do programa, foram carregadas as imagens das bandas espectrais B02 (azul), B03 (verde), B04 (vermelho) e B08 (infravermelho próximo), e os índices espectrais NDVI, EVI e SAVI, das imagens de satélite do sensor *Copernicus Sentinel-2/MSI 2A*. Todas as imagens foram convertidas para valores reais de refletância de superfície, aplicando-se o fator de escala de 0,0001, e em seguida reprojatadas para o sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000/UTM Zona 22S (EPSG:31982). O contorno da área de estudo e os pontos de amostragem referentes às classes de uso do solo gerados no QGIS também foram carregados no *software* RStudio. Então, as

imagens foram recortadas para a área de interesse, primeiramente utilizando o recorte retangular (*crop*) e posteriormente aplicando máscara com base no polígono delimitador (contorno da área de estudo).

Em seguida, foram extraídos os valores espectrais das bandas e índices para cada ponto amostral, utilizando-se a função `terra::extract`. Os dados resultantes foram organizados em data frame, associando-se cada registro à respectiva classe de uso do solo. A coluna de classes foi convertida para o tipo fator, para treinamento do modelo de classificação, e o conjunto de dados foi dividido nos subconjuntos de treino (80%) e de validação (20%) por meio de amostragem estratificada.

A classificação supervisionada foi realizada com o algoritmo Random Forest, implementado no pacote *randomForest*, configurado com 500 árvores de decisão (`n tree = 500`) e quatro variáveis candidatas à divisão por nó (`m try = 4`). A avaliação do desempenho do modelo foi feita com o pacote *caret*, por meio da matriz de confusão e das métricas estatísticas acurácia global, coeficiente Kappa, sensibilidade, especificidade, precisão, recall e F1-score.

Após a validação, o modelo foi aplicado à imagem multibanda da área de estudo, resultando no mapa de classificação de uso do solo. O produto final foi exportado em formato GeoTIFF, de forma a permitir a confecção do layout final do mapa no software QGIS (versão 3.34.12). Também no QGIS, foi utilizado o provedor GRASS para realizar o cálculo da área de ocupação de cada classe, utilizando a função `r.report`. Por fim, como forma de facilitar a visualização da variação na mudança no uso do solo entre os dois anos analisados, foi gerado um Diagrama de Sankey, no *software* RStudio.

Um resumo das etapas descritas acima pode ser visualizado no fluxograma abaixo (Figura 4).

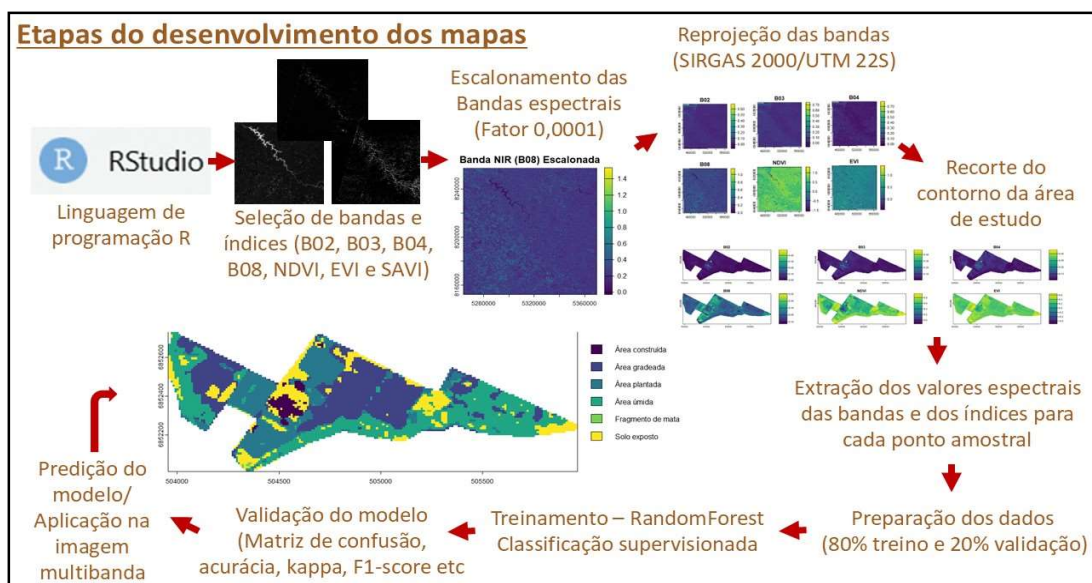


Figura 4 - Fluxograma das etapas de desenvolvimento dos mapas de uso do solo.

Fonte: Elaborada pela autora.

4. PROTÓTIPO

4.1. Mapas de Uso do Solo

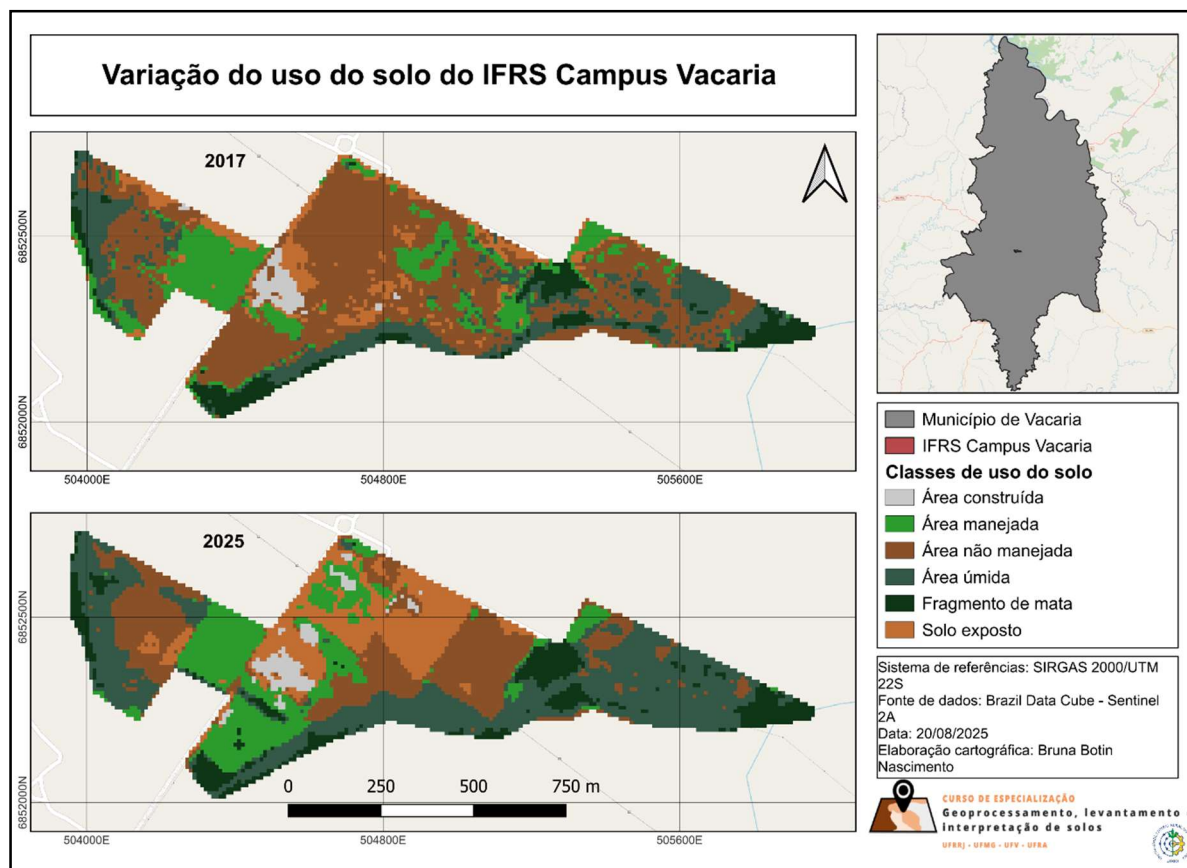


Figura 5 - Mapas de uso do solo do IFRS Campus Vacaria para os anos de 2017 e de 2025.
 Fonte: Elaborada pela autora.

4.2. Interpretação dos Resultados

4.2.1. Utilização do algoritmo *Random Forest* para gerar os mapas temáticos de uso do solo

De maneira geral, o resultado da utilização do algoritmo *Random Forest* para confecção de mapas temáticos de uso do solo por meio da classificação supervisionada mostrou um desempenho geral satisfatório, evidenciando sua aplicabilidade para a classificação do uso desse recurso. Na tabela 1 são apresentados os valores de alguns parâmetros que auxiliam na avaliação da qualidade geral dos mapas gerados (acurácia global e coeficiente Kappa) e os valores de algumas métricas estatísticas que auxiliam na avaliação do desempenho do algoritmo por classe analisada. O desempenho do modelo foi melhor para o ano de 2017 em comparação ao ano de 2025, indicando maior proporção de classificações corretas (acurácia global) e maior concordância entre as classes previstas e observadas (coeficiente Kappa) para os dados de 2017 utilizados. Contudo, os parâmetros do modelo para os dados de 2025 também foram bons.

Tabela 1 - Parâmetros de desempenho geral dos modelos preditos de classificação do uso do solo e desempenho por classe das métricas estatísticas analisadas para os anos de 2017 e de 2025

Desempenho geral por ano			
Parâmetro	2017	2025	Diferença
Acurácia global (%)	83,33	75,00	(-)8,33
Coeficiente kappa	0,80	0,70	(-)0,10
Desempenho por classe			
Sensibilidade (%)			
Classes	2017	2025	Diferença
Área construída	100	75	(-)25
Área manejada	100	75	(-)25
Área não manejada	100	25	(-)75
Área úmida	50	75	(-)25
Fragmento de mata	50	100	(+)50
Solo exposto	100	100	0
Precisão (%)			
Classes	2017	2025	Diferença
Área construída	100	75	(-)25
Área manejada	67	100	(+)33
Área não manejada	80	100	(+)20
Área úmida	100	75	(+)25
Fragmento de mata	67	80	(+)13
Solo exposto	100	57	(-)57
F1-score			
Classes	2017	2025	Diferença
Área construída	1,00	0,75	(-)0,25
Área manejada	0,80	0,86	(+)0,06
Área não manejada	0,89	0,40	(-)0,49
Área úmida	0,67	0,75	(+)0,08
Fragmento de mata	0,57	0,89	(+)0,32
Solo exposto	1,00	0,73	(-)0,27

Fonte: Elaborada pela autora

Ainda observando os dados da Tabela 1, é possível perceber que a análise detalhada por classe revela padrões distintos de desempenho. Para a métrica de sensibilidade, que reflete a capacidade do modelo de identificar corretamente as classes, é possível destacar que a classe “Solo exposto” mostrou uma assinatura espectral bem distinta das demais e temporalmente estável, já que o modelo manteve um desempenho perfeito em ambos os anos (sensibilidade de 100%); a classe “Área não manejada” mostrou uma considerável redução na sensibilidade do modelo (100% para 25%), o que pode indicar alterações significativas na sua assinatura espectral entre os dados dos dois períodos analisados, as classes “Área construída” e “Área manejada” também mostraram menor sensibilidade do modelo para o ano de 2025 (100% para 75%); já as classes “Fragmento de mata” e “Área úmida” mostraram uma melhora expressiva no desempenho dessa métrica (50% para 100% e 50% para 75%, respectivamente), o que pode refletir processos de recuperação e maior estabilidade dessas áreas.

Para a métrica de precisão, que reflete a confiabilidade das classificações positivas do modelo, o modelo de 2025 apresentou uma melhoria considerável para as classes “Área manejada” e “Área não manejada”, e uma ligeira melhoria para a classe “Fragmento de mata”; bem como uma redução considerável para as classes “Área construída” e “Área úmida”, e muito



acentuada para a classe “Solo exposto”, o que sugere uma maior confusão entre esta e as outras classes, apesar da sensibilidade do modelo para ela ter sido perfeita (100%).

A métrica F1-score (Tabela 1), que representa uma média harmônica entre sensibilidade e precisão, representa um balanço geral relacionado às classes para os modelos dos dois anos analisados, evidenciando que três classes tiveram resultado geral melhor para o modelo do ano de 2017 (Área construída, Área não manejada e Solo exposto) e três para o de 2025 (Área manejada, Área úmida e Fragmento de mata). As classes ‘Área construída’ e “Solo exposto” alcançaram F1-score perfeito (1,00) em 2017, indicando equilíbrio entre sensibilidade e precisão no modelo de predição, o que sugere boas e distintas assinaturas espectrais, favorecendo a identificação dessas feições sem confusão com as demais. Já para o ano de 2025, o modelo predito apresentou algumas melhorias para as classes “Área manejada”, “Área úmida” e “Fragmento de mata”, com destaque para a última, sugerindo melhor capacidade de identificação de vegetação nativa, o que sugere uma melhor distinção espectral entre vegetação natural e manejada ou, mais possivelmente, aumento e melhor conectividade dos fragmentos florestais. Ainda, para o ano de 2025, destaca-se a queda acentuada na capacidade de classificação do modelo da classe “Área não manejada”, demonstrando um aumento significativo na confusão espectral entre essa classe e as outras.

Uma outra maneira de avaliar o desempenho do modelo entre os anos é por meio da análise dos dados de suas matrizes de confusão (Tabela 2). Em um exame detalhado por classes, é possível observar que, para “Área construída”, o desempenho do modelo do ano de 2017 foi perfeito, sem nenhum erro de classificação, já para o de 2025, houve um erro classificado como “Área manejada”, sugerindo maior complexidade na identificação dessa classe; para “Área manejada”, em 2017 houve quatro acertos e dois erros classificados como “Fragmento de mata”, e três acertos e nenhum erro em 2025, sugerindo redução na confusão dessa classe com vegetação natural; para “Área não manejada”, em 2017, houve quatro acertos e um erro classificado como “Área úmida”, e em 2025, apenas um acerto, sugerindo maiores problemas de classificação em função da queda acentuada no número de acertos; para “Área úmida”, em 2017, dois acertos, e em 2025, três acertos e um erro classificado como “Área não manejada”, sugerindo uma melhoria modesta; para “Fragmento de mata”, em 2017, dois acertos e um erro classificado como “Área úmida”, e em 2025, quatro acertos e um erro igualmente classificado como “Área úmida”, também sugerindo uma melhoria modesta do modelo; e por fim, para “Solo exposto”, em 2017, desempenho perfeito com quatro acertos e nenhum erro, e em 2025, quatro acertos, mas três erros, um classificado como “Área construída” e dois como “Área não manejada”, sugerindo redução de desempenho.



Tabela 2 - Matrizes de confusão dos modelos preditos de classificação do uso do solo para os anos de 2017 (superior) e de 2025 (inferior)

Predição / Referência	Área construída	Área manejada	Área não manejada	Área úmida	Fragmento de mata	Solo exposto
Área construída	4	0	0	0	0	0
Área manejada	0	4	0	0	2	0
Área não manejada	0	0	4	1	0	0
Área úmida	0	0	0	2	0	0
Fragmento de mata	0	0	0	1	2	0
Solo exposto	0	0	0	0	0	4

Predição / Referência	Área construída	Área manejada	Área não manejada	Área úmida	Fragmento de mata	Solo exposto
Área construída	3	1	0	0	0	0
Área manejada	0	3	0	0	0	0
Área não manejada	0	0	1	0	0	0
Área úmida	0	0	1	3	0	0
Fragmento de mata	0	0	0	1	4	0
Solo exposto	1	0	2	0	0	4

Fonte: Elaborada pela autora

Com os dados da Tabela 2, é possível identificar alguns padrões de confusão. Tanto em 2017 como em 2025, houve um padrão consistente de confusão entre as classes “Área úmida” e “Fragmento de mata”, sugerindo alguma similaridade espectral. Já para 2025, houve nova confusão entre as classes “Área construída” e “Área manejada” e entre “Área não manejada” e “Solo exposto”, esta última bem problemática; mas também houve eliminação da confusão entre “Área manejada” e “Fragmento de mata”.

Dessa forma, a comparação das matrizes de confusão revela uma análise complexa do desempenho do modelo para os dois anos analisados, com progressos e regressões, evidenciando os desafios existentes na classificação de dados dinâmicos, sujeitos a variações temporais, tanto de uso e manejo como das condições atmosféricas quando da sua aquisição. Contudo, mesmo frente às variações, o algoritmo Random Forest se mostrou robusto e eficaz para a classificação do uso do solo em ambos os anos, com desempenho ligeiramente superior para 2017, permitindo alcançar o objetivo de comparar esse uso entre os períodos analisados.

4.2.2. Variação do uso do solo do IFRS *Campus Vacaria*

A comparação do uso do solo entre os anos de 2017 e 2025 da área do IFRS *Campus Vacaria* possibilitou identificar tendências de intensificação do uso do solo, fato esperado para uma instituição que avança na sua história e vem se consolidando ao longo do período avaliado.

Analisando os dados da Tabela 3, ilustrados nas Figuras 5 e 6, pode-se observar um aumento de 32% da “Área construída” em 2025, condizendo com o avanço em infraestrutura de um *Campus* novo, cabendo destacar que, em função de sua complexidade, os modelos ainda quererem ajustes para melhor identificar as assinaturas espectrais dessa classe, sendo facilmente possível observar confusão entre ela e as classes “Área não manejada” (2017 e 2025), “Área



manejada” (2025) e “Solo exposto” (2017 e 2025) na Figura 5. Em relação à “Área manejada”, o aumento de 2025 pode ser considerado incipiente (7,5%), também condizendo com um *Campus* que se estrutura, enfrentando desafios orçamentários e de pessoal técnico para intensificar a criação de áreas didáticas e a experimentação à campo, somado à algumas confusões espectrais do modelo entre essa classe e outras, bem ilustrado em ambas as Figuras. A única redução de área entre 2017 e 2025 foi a da classe “Área não manejada”, fato também esperado com o avanço da atuação do *Campus*, mas não de forma tão acentuada como revelada pelos mapas e pelos dados apresentados, o que evidencia necessidade de ajustes do modelo em relação à sua classificação, principalmente para o ano de 2025, que apresentou muita confusão com as classes “Área úmida” e “Solo exposto”.

No contexto analisado, a expansão de 83% da “Área úmida” em 2025 parece estar mais relacionada a alterações naturais do regime hídrico e às variações do nível do lençol freático, o que deve ter influenciado na assinatura espectral dessa classe, contribuindo para as confusões do modelo entre ela e principalmente a “Área não manejada”. Já a expansão da classe “Fragmento de mata” (31%) no ano de 2025 certamente se deve à melhora na sua assinatura espectral em função de sua regeneração natural, aumentando a conectividade dos fragmentos com o passar dos anos, bem evidenciado na Figura 5. Por fim, em relação ao “Solo exposto”, o expressivo aumento em 2025 está mais relacionado à baixa precisão do modelo e às várias confusões entre a assinatura espectral entre essa classe e as outras, principalmente com a “Área não manejada”, provavelmente devido aos manejos realizados nessa área à época da imagem utilizada.

Tabela 3 - Áreas das classes de uso do solo dos modelos preditos para os anos de 2017 e de 2025, calculadas pela função *r.report* do provedor GRASS, no QGIS (versão 3.34.12)

Classes de uso do solo	Área 2017 (m ²)	Área 2025 (m ²)	Variação (m ²)	Variação (%)
Área construída	13.558,83	17.889,86	(+)4331,03	(+)32
Área manejada	104.283,38	112.136,41	(+)7853,03	(+)7,5
Área não manejada	317.635,62	151.713,97	(-)165921,65	(-)52,2
Área úmida	114.651,90	209.781,05	(+)95129,15	(+)83
Fragmento de mata	51.443,81	67.261,86	(+)15818,05	(+)31
Solo exposto	53.138,67	97.844,52	(+)44705,85	(+)84

Fonte: Elaborada pela autora

Diante do explanado, ficaram evidentes as alterações de uso do solo do IFRS *Campus* Vacaria durante sua primeira década de existência, evidenciando seu crescimento em infraestrutura e a regeneração natural dos seus fragmentos de mata; também ficou claro, chamando a atenção, o manejo que está sendo dado às “Áreas não manejadas” com experimentos, já que sua assinatura espectral vem se tornando muito parecida com àquela do “Solo exposto”, salientando a necessidade de práticas de manejos mais conservacionistas, que mantenham o solo coberto e evitem a degradação das propriedades do solo, o aparecimento de processos erosivos e a consequente perda dos serviços sistêmicos ofertados.

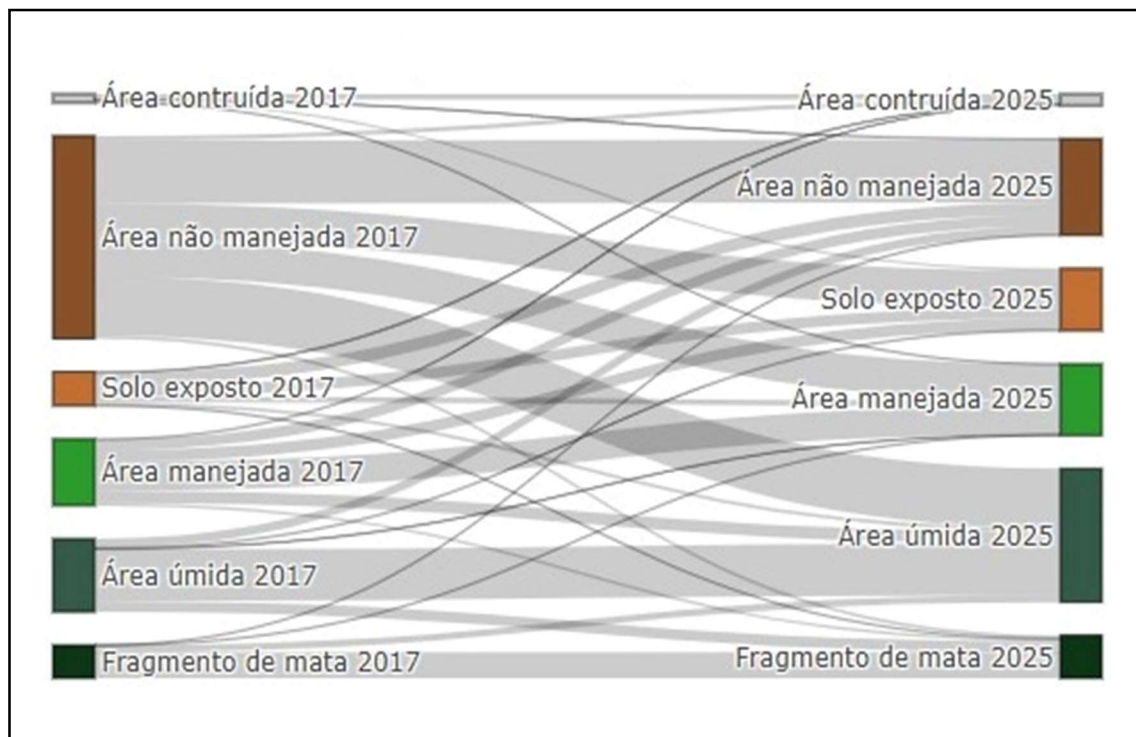


Figura 6 - Diagrama de Sankey das classes de uso do solo analisadas para os anos de 2017 e de 2025.

Fonte: Elaborada pela autora.



5. RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO

Frente ao trabalho realizado, recomenda-se utilizar as informações levantadas e os mapas gerados para avaliar o planejamento pré-existente dos solos do IFRS *Campus* Vacaria, pensando em aprimorar seu planejamento de uso e manejo.

Ainda, recomenda-se utilizar este estudo para dar o passo inicial na formulação de um plano de manejo a longo prazo para os solos do *Campus*, de modo a priorizar sua aptidão, qualidade e sustentabilidade.

Finalizando, os mapas gerados também podem ser utilizados como registro da história do *Campus* no que tange à evolução do uso e manejo do solo por ele, assim como em disciplinas relacionadas a esse recurso, propagando a importância desse movimento de cuidado e planejamento, e como material didático para promover reflexão e treinamento nessa área do conhecimento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho possibilitou demonstrar a aplicabilidade do geoprocessamento como ferramenta estratégica para compreender a dinâmica de uso do solo no IFRS *Campus* Vacaria, fornecendo evidências quantitativas e visuais sobre as mudanças ocorridas em sua primeira década de existência. A análise dos mapas de 2017 e 2025 permitiu identificar avanços na infraestrutura e aumento da cobertura vegetal nativa, mas também trouxe à tona desafios relacionados à gestão das áreas não manejadas, cuja assinatura espectral se aproximou das de solo exposto, sugerindo necessidade de adoção de práticas de manejo mais conservacionistas.

Os resultados reforçam o potencial do uso de imagens de satélite de acesso gratuito e de algoritmos de classificação robustos, como o Random Forest, na geração de informações precisas e de baixo custo para subsidiar o planejamento territorial. Além de apoiar a gestão do Campus, o produto gerado contribui como registro histórico da evolução do uso do solo e como recurso didático para disciplinas relacionadas ao tema, fortalecendo o vínculo entre ensino, pesquisa e extensão.

Conclui-se que o geoprocessamento representa uma ferramenta essencial para a tomada de decisão no manejo do solo, sendo recomendado que os resultados obtidos sejam utilizados como base para um plano de manejo a longo prazo, capaz de assegurar a qualidade, a aptidão e a sustentabilidade dos solos do IFRS *Campus* Vacaria.

Ainda, salienta-se a necessidade de continuidade do estudo, testando imagens de outras datas/períodos e aumentando o número de pontos de amostragem referentes às classes de uso, de modo a promover ajustes na predição dos modelos e alcançar resultados ainda melhores.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DA CRUZ, U.R.X.; OLIVEIRA, L.P. Comparação entre métodos de classificação MaxVer e Random Forest utilizando imagem Sentinel-2B. **Cadernos do Leste**, Belo Horizonte, v.21, n.21, p.1-19, jan./dez. 2021.

QGIS DEVELOPMENT TEAM [2024]. **QGIS** Geographic Information System, version 3.34.12 [software]. Open Source Geospatial Foundation Project. URL [www.qgis.org].

LOPES, F. et al. Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.10, p.1038-1044, 2010.

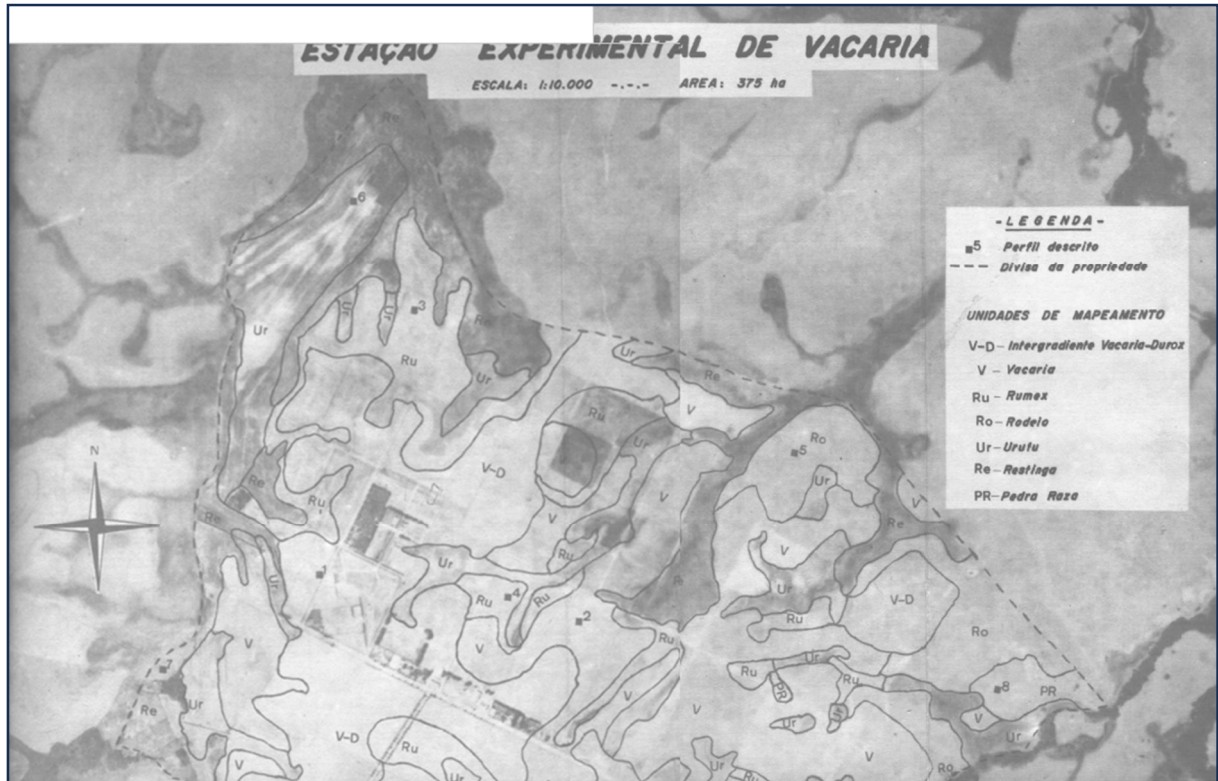
POSIT TEAM (2024). **RStudio**: Integrated Development Environment for R. Posit Software, PBC, Boston, MA. URL <http://www.posit.co/>.

POTTER, R.O. **Caracterização de solos da região dos Campos de Cima da Serra-RS**. 1977. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.



8. APÊNDICES

Apêndice A – Parte do mapa da distribuição geográfica dos solos da antiga Estação Experimental de Vacaria.



Material elaborado pela autora por meio de *printscreen* e colagem das figuras disponíveis na dissertação de Potter (1977), utilizando o *software* PowerPoint (Microsoft Office 365).



Apêndice B – Recortes das miscelâneas geradas no software QGIS (versão 3.34.12) com as bandas 4, 3 e 2 das imagens de satélite do sensor Copernicus Sentinel-2/MSI 2A utilizadas no estudo. Detalhe do contorno da área do IFRS *Campus Vacaria* em vermelho.





9. ANEXO

Anexo A – Ata de defesa do TCC



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
COORDENADORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA



ATA N° 4140/2025 - CEAD (12.28.01.36)

N° do Protocolo: 23083.047786/2025-18

Seropédica-RJ, 22 de agosto de 2025.

ATA DE DEFESA

Aos quinze dias do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e cinco, às dez horas e trinta minutos, através de web conferência, instalou-se a banca examinadora de Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, da cursista **Bruna Botin Nascimento** sob a orientação da professora **Lúcia Helena Cunha dos Anjos**. A banca examinadora foi composta pelos pesquisadores **Ana Carolina de Souza Ferreira** e **Renato Sinquini de Souza**. A defesa do TCC intitulado "**Geoprocessamento como ferramenta para comparar variação de uso do solo do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Vacaria**", foi iniciada às dez horas e trinta minutos e teve a duração de vinte minutos de apresentação seguida da avaliação pela banca. A cursista, após avaliada pela banca examinadora obteve o resultado:

(X) APROVADA, devendo a cursista proceder a eventual revisão solicitada pela supervisora e/ou pela banca, e entregar a versão final em até 15 dias à coordenação do Curso.

() NÃO APROVADA.

Seropédica, 15 de agosto de 2025

Ana Carolina de Souza Ferreira

Primeira Examinadora

Renato Sinquini de Souza

Segundo Examinador

Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Presidente

Bruna Botin Nascimento

Cursista

(Assinado digitalmente em 22/08/2025 11:18)

LÚCIA HELENA CUNHA DOS ANJOS

PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR

Depois (12.28.01.00.00.35)

Matrícula: 8897385

(Assinado digitalmente em 23/08/2025 12:08)

ANA CAROLINA DE SOUZA FERREIRA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 888.888.607-88

(Assinado digitalmente em 22/08/2025 11:23)

RENATO SINQUINI DE SOUZA

DISCENTE

Matrícula: 202400000009

(Assinado digitalmente em 22/08/2025 12:05)

BRUNA BÖTIN NASCIMENTO

DISCENTE

Matrícula: 202400000000

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **4140**, ano: **2025**, tipo: **ATA**, data de emissão: **22/08/2025** e o código de verificação: **759954f371**