



## AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DA INTENSIFICAÇÃO AGROPECUÁRIA E SUAS INTERAÇÕES NO MUNICÍPIO DE UNAÍ (MG)

Leticia Tondato Arantes, Universidade Estadual Paulista, leticia.tondato@unesp.br  
Arthur Pereira dos Santos, Universidade Estadual Paulista, arthur.p.santos@unesp.br  
Liliane Moreira Nery, Universidade Estadual Paulista (ICTS), liliane.nery@unesp.br  
Henzo Henrique Simionatto, Universidade Estadual Paulista, henzo.h.simionatto@unesp.br  
Alessandro Xavier da Silva Junior, Universidade Estadual Paulista, alessandro.junior@unesp.br  
Ana Laura de Paula, Universidade Estadual Paulista, al.paula@unesp.br  
Darllan Collins da Cunha e Silva, Universidade Estadual Paulista, darllan.collins@unesp.br

### Resumo

No cenário atual de desenvolvimento, a interação entre as práticas agrícolas e o meio ambiente tem sido um tema central em diversas pesquisas ligadas ao desenvolvimento sustentável, especialmente no que diz respeito a gestão dos recursos hídricos. Diante desse contexto, tem-se como objetivo analisar a dinâmica entre a intensificação agrícola por meio da elaboração de um índice denominado Índice de Intensidade Agropecuária (IIA) e as implicações ambientais no município de Unaí. Para tal, foram utilizados dados de uso do solo disponibilizados pelo projeto MapBiomass, considerando os anos de 1990, 2005 e 2020 para a análise. Com base nos resultados, nota-se uma evolução gradual nos valores do IIA ao longo dos anos no município de Unaí. Sendo que para o ano de 1990, o IIA obtido foi de 53%, classificando como “Moderada Intensidade Agropecuária”, tendo um acréscimo para 60% no ano de 2005 e, posteriormente, para 61% em 2020, classificando-os como “Alta Intensidade Agropecuária”. Diante desse cenário, o aumento da intensidade agrícola pode desencadear uma série de impactos ambientais, sendo os recursos hídricos uma das áreas mais afetadas. Assim, o uso de ferramentas para a quantificação e análise dessa interação torna-se fundamental para a gestão visando a sustentabilidade ambiental e bem-estar da comunidade.

**Palavras-chave:** MapBiomass, SIG, uso e cobertura da terra, análise temporal.

### 1. Introdução

Nas últimas décadas, o processo de expansão da fronteira agrícola no Brasil vem ocupando, muitas das vezes de forma desordenada, áreas constituídas por vegetação nativa, acarretando uma série de impactos ao meio ambiente (GREGGIO; PISSARA; RODRIGUES, 2009). Diversos desdobramentos decorrem diante desse cenário, evidenciando problemas com erosão dos solos, assoreamento dos cursos d'água, desmatamento, contribuições para mudanças climáticas



(GODSWILL et al., 2020), causando sérias alterações no ciclo da água (ABBOOTT et al., 2019).

Um dos principais fatores que impulsionam as mudanças no uso e cobertura da terra incluem a substituição de área de vegetação nativa por usos destinados as atividades agropecuárias (SONG et al., 2018). Essa situação ocorre principalmente no ecossistema do Bioma Cerrado (REKOW, 2019), tido como o segundo maior bioma da América Latina (MIRANDA, 2014), considerado um dos hotpots mundiais para a conservação da biodiversidade, dado a sua riqueza a biodiversidade e alto taxa de endemismo (SANO et al., 2019).

No entanto, embora o cerrado tenha um papel de extrema relevância, é marcado pela rápida conversão dos usos e cobertura da terra, com crescente pressão para o estabelecimento de novas áreas de plantio, visando atender às demandas cadeias de suprimentos mundiais (BUSTAMANTE et al., 2019), paralelo a isso, a propulsão dessas atividades desencadeia uma série de consequências ao bem-estar humano, conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável (LAHSEN et al., 2016).

Esse cenário, é ainda mais evidente na região noroeste de Minas Gerais, como é o caso do município de Unaí, em função da expressividade da atividade agropecuária nessa região, demonstrando um grande avanço na produção de grãos e gado, resultando em mudanças visíveis na paisagem e uso e cobertura da terra. Como destacado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018), diante do cenário ascendente da produção agrícola, no horizonte dos próximos anos, será essencial aprimorar a eficiência no gerenciamento da água, solo e diversidade biológica, com o intuito de assegurar a produtividade e revitalização dos recursos naturais.

Diante disso, o estabelecimento de ferramentas como índices e indicadores assumem grande importância (LOURENÇO; SILVA; SALES, 2014; SILVA et al., 2017; ARANTES et al., 2023), uma vez que desempenham um papel fundamental no processo de análise, quantificação e monitoramento das mudanças em função do aumento das práticas agrícolas, auxiliando na compreensão dessas relações. Assim, tem-se como objetivo a avaliação da dinâmica entre o aumento das atividades agropecuárias e as implicações no meio ambiente, para os anos de 1990, 2005 e 2020. Para atingir esse objetivo, foi elaborado o Índice de Intensidade Agropecuária (IIA), como uma medida quantitativa da intensidade agropecuária no município de Unaí, Minas Gerais, a qual fornece métricas importantes na gestão dessas áreas.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 Geotecnologias na análise do uso da terra e cobertura vegetal

A degradação ambiental decorre do rápido crescimento populacional, o qual, por sua vez, exerce influência na expansão do território e na intensificação das atividades agropecuárias, potencializadas pelo aumento da demanda por alimentos (KOPITTKKE et al., 2019).



O mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal tem sido identificado como um elemento essencial em diversas atividades e aplicações (TALUKDAR et al., 2020; ARANTES et al., 2023), sendo um dos dados mais cruciais para destacar os impactos das alterações na ocupação do solo, especialmente devido às atividades antropogênicas (DUTTA et al., 2019).

Por conseguinte, a análise das mudanças no uso e na cobertura da terra surge como uma ferramenta significativa relevância em investigações relacionadas ao meio ambiente. Isso se deve ao seu papel significativo na avaliação dos efeitos no ambiente, uma vez que tem uma ligação com a degradação do solo, processos hidrológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e florestais (LOLLO et al., 2019).

A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em conjunto com dados derivados de Sensores Remotos (SR) tem desempenhado um papel substancial no domínio do mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal (SILVA et al., 2018). Essa abordagem permite a análise espaço-temporal e a quantificação das mudanças associadas a esses parâmetros, apresentando vantagens notáveis, tais como custos reduzidos e maior precisão na identificação de elementos presentes nas imagens (LO; CHOI, 2004; SING et al., 2015; HU et al., 2016).

Ainda, conforme apresentado por Teluguntla et al. (2018) e Mutanga; Kumar (2019) a necessidade de dados de SR para o mapeamento do uso da terra tem aumentado, em virtude do impacto das alterações nesse uso e cobertura sobre os ecossistemas terrestres, tornando-se viável compreender e avaliar os impactos das mudanças na paisagem sobre o meio ambiente.

### 3. Metodologia

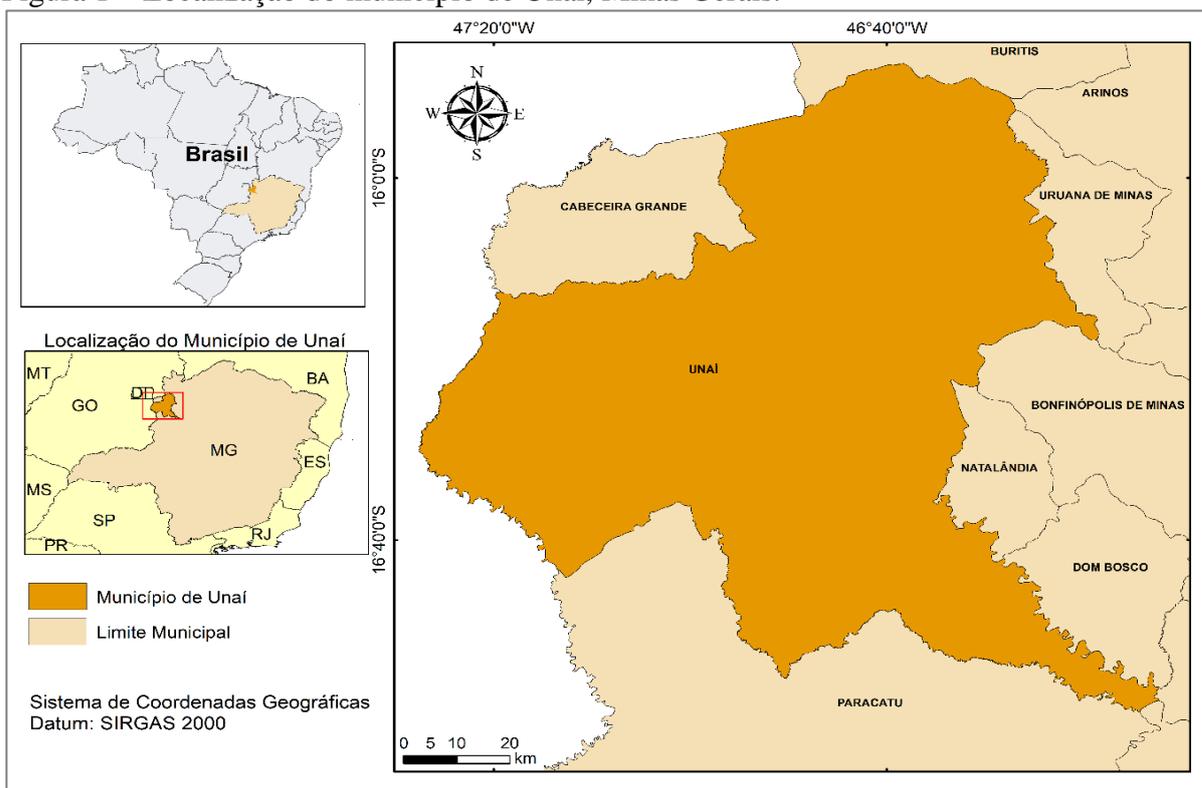
#### 3.1 Área de estudo

Para o desenvolvimento desse estudo, o município de Unaí, localizado na Mesorregião do Noroeste de Minas Gerais, Brasil, ocupando uma área de aproximadamente 8.464 km<sup>2</sup>, foi considerado como área de estudo (Figura 1). Conforme os dados da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA, 2021), o município de Unaí está situado em uma região com grande potencial agrícola, desempenhando um papel significativo na produção agropecuária de Minas Gerais, ocupando primeira posição no Ranking de MG no que diz respeito a quantidade produzida de grãos de soja e feijão.

O município está inserido no bioma Cerrado, um dos principais biomas brasileiros, que contém a fonte de três grandes bacias hidrográficas (RADA, 2013). Somado a isso, no ano de 2017 exibiu a maior extensão territorial equipada por pivôs centrais do país, totalizando cerca de 65.930 hectares (ANA, 2019).



Figura 1 – Localização do município de Unai, Minas Gerais.



Fonte: Os autores.

### 3.2 Cobertura e Uso da Terra – MapBiomias

A metodologia adotada neste estudo baseou-se na utilização da Coleção 7.1 do MapBiomias que inclui dados anuais de cobertura e uso da terra. Para isso, foi utilizada a plataforma Google Earth Engine (GEE) visando obter dados de uso e cobertura da terra para o município de Unai, provenientes do MapBiomias, para os anos de 1990, 2005 e 2020, visando realizar uma análise espaço-temporal das respectivas mudanças nos padrões de uso.

Visando atingir o objetivo deste estudo, o primeiro passo após aquisição desses dados foi a distinção das classes de uso da terra presentes na área de estudo, todas as 19 classes existentes foram consideradas dentro do município de Unai, em seguida, foram reagrupadas em duas grandes classes, sendo a primeira referente a classe que compreende usos caracterizados como atividades agropecuárias, já a outra representada pelos demais usos presentes no município (Quadro 1).



Quadro 1- Classes de cobertura e uso da terra para o município de Unaí.

CLASSES DE COBERTURA E USO DA TERRA - MAPBIOMAS			
AGROPECUÁRIA		DEMAIS USOS	
Agropecuária	Silvicultura	Floresta	Formação Florestal
	Pastagem		Formação Savânica
	Cana	Formação Natural não Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa
	Mosaico de Usos		Formação Campestre
	Café		Afloramento Rochoso
	Algodão	Rio, Lago e Oceano	Rio, Lago e Oceano
	Citrus		
	Soja		
	Outras Lavouras Perenes	Área não Vegetada	Área Urbanizada
	Outras Lavouras Temporárias		Outras Áreas não Vegetadas
	Mineração		

Fonte: Adaptado MapBiomias (2023).

### 3.3 Índice de Intensidade Agropecuária

O Índice de Intensidade Agropecuária (IIA) foi elaborado com base na proporção dos usos dos solos destinados às atividades agrícolas em relação a área total do município (Equação 1). Os valores variam em uma escala de 0 e 100, quanto maior o valor do IIA, maior será a intensidade agropecuária para o ano analisado.

$$IIA = \frac{Área_{agr}}{Área_{total}} * 100 \quad (1)$$

Sendo:

IIA: Índice de Intensidade Agropecuária;

Área<sub>agr</sub>: Área destinada às atividades agropecuárias (km<sup>2</sup>);

Área<sub>total</sub>: Área total de todos os usos (km<sup>2</sup>).

Após a determinação dos valores de IIA para o município, eles foram classificados segundo os valores obtidos (Quadro 2).

Quadro 2 - Classificação do IIA.

Classes	Grau de Intensidade Agropecuária
0% - 40%	Baixa Intensidade Agropecuária



>40% - 60%	Moderada Intensidade Agropecuária
>60% - 100%	Alta Intensidade Agropecuária

Os menores valores de IIA são atribuídos a classe “Baixa Intensidade Agropecuária”, uma vez que estes indicam uma baixa proporção de áreas destinadas as atividades agrícolas em relação aos demais usos do solo existentes no município, sugerindo um menor uso intensivo dos recursos naturais e menor pressão no ambiente. Por outro lado, os valores de IIA intermediários foram classificados como “Moderada Intensidade Agropecuária”, o que de certa forma pode sugerir um aumento substancial das atividades agrícolas e os demais usos, e possivelmente, exercendo maior pressão sobre os recursos hídricos e maior demanda por água. Por fim, as áreas com maiores valores de IIA referem-se a classe de “Alta Intensidade Agropecuária”, indicando uma alta proporção de atividades agrícolas, desempenhando um papel mais proeminente na economia da região, o que pode indicar um aumento potencial nos impactos ambientais associados à atividade agrícola, como uso intensivo da água, uso de fertilizantes e pesticidas em grande escala.

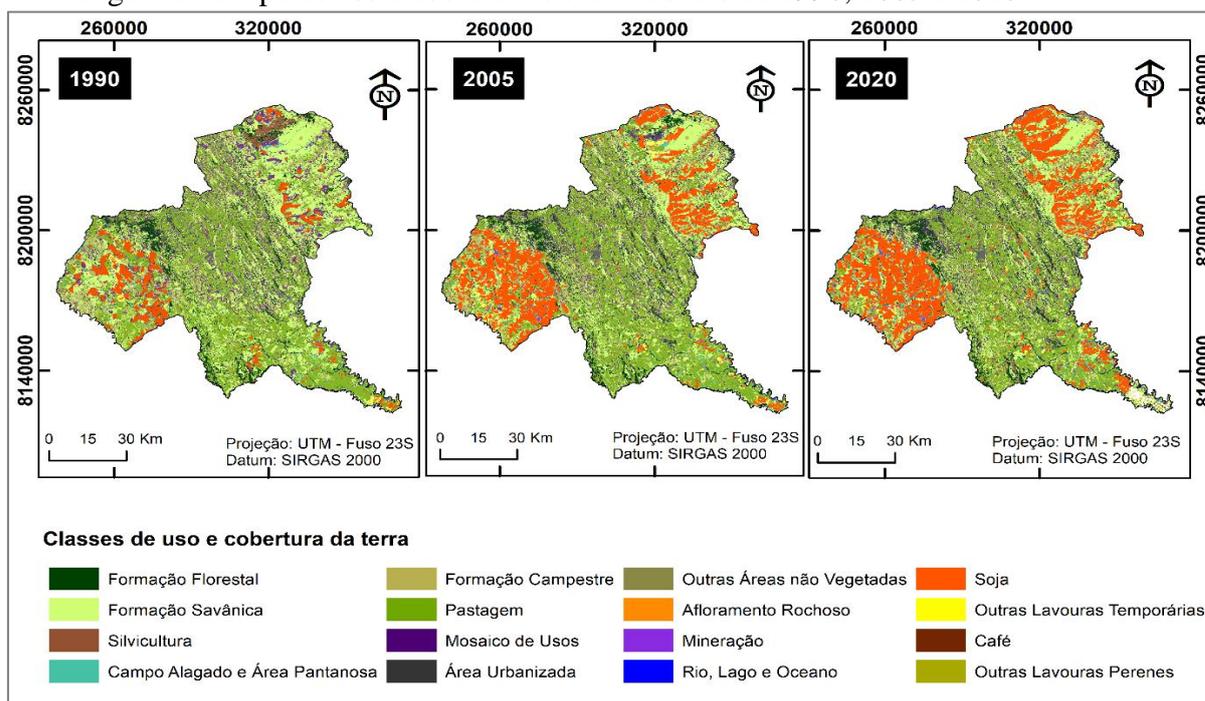
## 4. Resultados

### 4.1 Uso e Cobertura da Terra

A Figura 2 apresenta uma análise espaço-temporal dos mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 1990, 2005 e 2020, para o município de Unaí, possibilitando observar a mudança no cenário e distribuição espacial dos diferentes usos e cobertura da terra existentes no município.



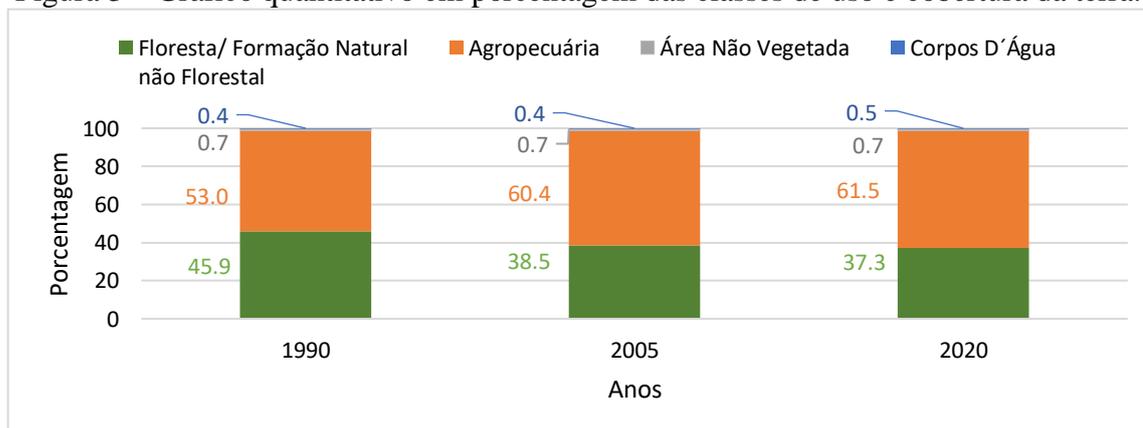
Figura 2 - Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 1990, 2005 e 2020.



Fonte: Os autores.

Na Figura 3, são apresentadas as proporções de usos e cobertura da terra, possibilitando identificar quais são as atividades predominantes no município, bem como as respectivas mudanças ao longo dos anos analisados e, posteriormente, utilizar essas informações para a geração de índices, como é o caso do IIA.

Figura 3 – Gráfico quantitativo em porcentagem das classes de uso e cobertura da terra.

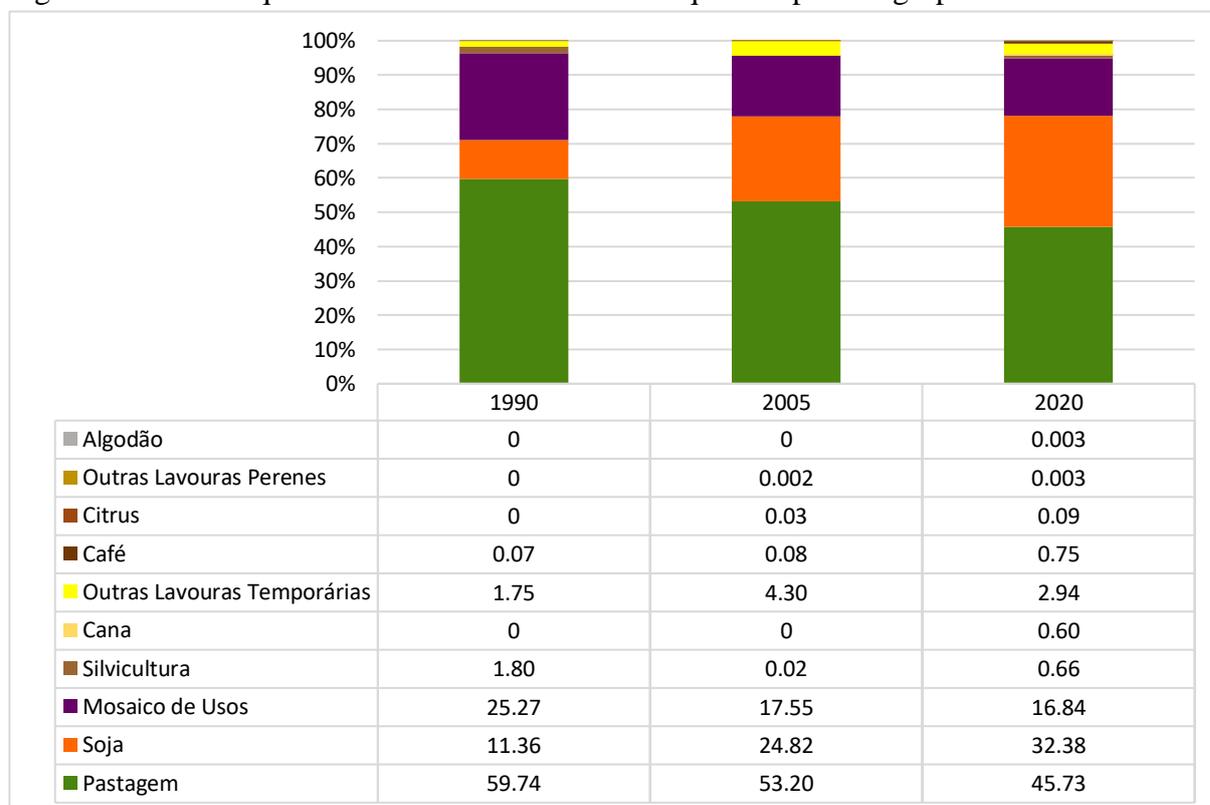




Analisando o gráfico (Figura 3) evidencia-se que áreas de “Floresta” e “Formação Natural não Florestal” (composta por formação florestal, formação savânica, campo alagado e área pantanosa, formação campestre, outras áreas não vegetadas e afloramento rochoso) tem diminuído continuamente, uma vez que representava cerca de 47% do município em 1990 passando para 38% em 2020. Por outro lado, a classe “Agropecuária” apresentou a maior representatividade no município para todos os anos analisados, tais proporções são justificáveis, uma vez que a agricultura e agropecuária são tidas como as principais atividades econômicas no município. Com relação aos demais usos, como “Área Não Vegetada” e “Corpos d’Água” resultaram em menores proporções no município.

A Figura 4 exibe um gráfico quantitativo dos respectivos usos e cobertura da terra inserida na classe “Agropecuária” para os anos de 1990, 2005 e 2020, possibilitando realizar uma análise mais detalhada das mudanças e evoluções que ocorreram ao longo desse período.

Figura 4 – Gráfico quantitativo das classes dos usos que compõe a Agropecuária.



Fonte: Os Autores.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

Dentre os usos inseridos na classe “agropecuária” (Figura 4), nota-se que uso predominante no município é composto pela “pastagem”, representando cerca de 46% do total da área em 2020, distribuída ao longo de todo o município, tida como o principal uso antrópico da terra no Brasil (USDA, 2019), seguida da classe de “soja” com cerca de 33% da área do município em 2020, seguida da classe de “mosaico de usos” (17%), por outro lado, as demais classes apresentam menor representatividade no município (outras lavouras temporárias, silvicultura, café, citrus, outras lavouras perenes, cana e algodão).

No que diz respeito as mudanças das atividades agropecuárias na paisagem, evidencia-se um crescimento expressivo da cultura de “soja”, principalmente na região nordeste e oeste, onde a área total cultivada no município mais que triplicou de 1990 a 2020, passando de 508,706km<sup>2</sup> para 1681,102 km<sup>2</sup> (de 6% para 20% da área total).

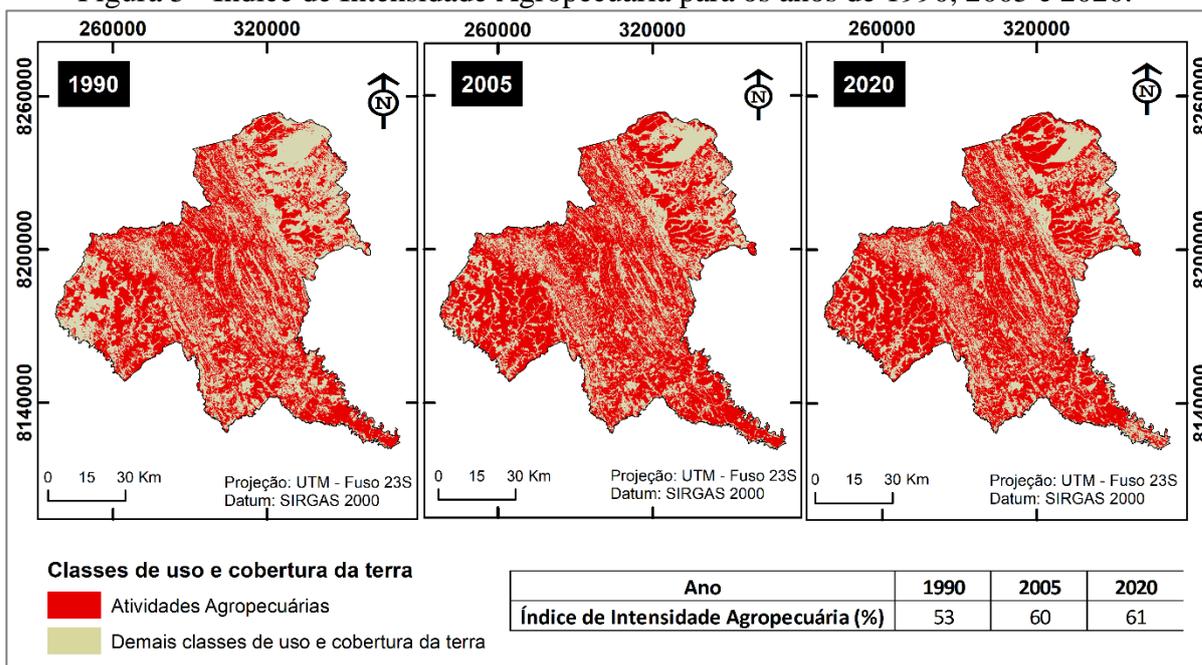
Em relação a classe de “pastagem” ocorreu uma redução ligeira da área na classe de 60% (2000) para 48% (2020). Essa redução das áreas destinadas a pastagem pode ser evidenciada pelo processo de conversões na região do cerrado, o qual ocorrem normalmente em duas fases: a mudança do cerrado para pastagem, e posteriormente, de pastagem para a lavoura (GILLIAN et al., 2010), o que pode justificar as taxas de transições de pastagem-lavoura no município de Unai. Já as demais classes de usos identificadas (cana, outras lavouras temporárias e perenes, café, citrus e algodão) representam pequenas áreas no município ou tiveram mudanças pouco expressivas ao longo dos anos analisados.

#### 4.2 Índice de Intensidade Agropecuária

Neste estudo, foi analisado os valores do IIA no município de Unai para os anos de 1990, 2005 e 2020, a fim de compreender as mudanças no uso e cobertura da terra, em função do estabelecimento de atividades agrícolas, e suas implicações no meio ambiente. Na Figura 5, é apresentado os mapas com os respectivos valores do IIA.



Figura 5 - Índice de Intensidade Agropecuária para os anos de 1990, 2005 e 2020.



Fonte: Os autores.

Os valores de IIA evidenciam uma intensificação das atividades agropecuárias ao longo dos anos no município de Unaí, uma vez que ocorreu um acréscimo nos valores com o passar dos anos, sendo o menor índice referente ao ano de 1990 (53%), seguido do ano de 2005 e 2020 representando cerca de 60% e 61%.

Segundo Gillian et al. (2010) à extensificação do cerrado pode ser favorável por alguns motivos, um deles refere-se à facilidade no processo de remoção da vegetação cerrado quando comparado ao cerradão ou floresta, uma vez que o cerro possui menor quantidade de biomassa acima do solo e estruturas radiculares inferiores, o que de certo modo facilita a remoção dessas áreas para os cultivos de diferentes culturas.

Ainda, outro fator aliado a intensificação das atividades agropecuárias na região, refere-se as exigências do Código Florestal, sendo mais brandas quando comparado a outros biomas, a qual exige apenas retenção de 20% a 35% de vegetação nativa exigida como reserva legal (LIMA et al., 2019). Somado a isso, Arantes et al. (2023) menciona que locais com condições físicas mais favoráveis, tendem a favorecer a prática de ocupações legais em áreas protegidas, por conseguinte, causando uma intensificação do processo de degradação nessas áreas.

No ano de 1990, foi obtido um IIA de 53%, classificando como “Moderada Intensidade Agropecuária”, essa classificação sugere que as atividades agropecuárias no município já

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

desempenhavam um papel significativo, com grande parte da área destinada a essas práticas. Ao avançarmos para o ano de 2005, nota-se um progresso, com o IIA aumentando para 60%. Isso indica um crescimento na intensificação das práticas agrícolas no município, com um acréscimo de 7% na utilização da terra para a agricultura e pecuária. Todavia, é importante destacar que, embora o aumento na intensificação das atividades agrícolas possa indicar um crescimento econômico para a região, ele também pode ter impactos ambientais significativos. Uma vez que o aumento da utilização da terra para as atividades agropecuárias pode levar à degradação do solo, uso excessivo de recursos hídricos e à perda de biodiversidade.

No ano de 2020, evidenciou-se um aumento do IIA para 61%, caracterizando-a como “Alta Intensidade Agrícola”. Esse aumento das atividades agrícolas muitas vezes tem sido acompanhado por uma série de impactos prejudiciais ao meio ambiente, Yira et al. (2016) e Silva et al. (2017) destacam que a conversão de áreas florestais em terras destinadas às atividades agrícolas pode induzir a um incremento nas taxas de erosão do solo, acarretando uma série de impactos deletérios no seu entorno.

Conforme destacado por Rohila et al., (2017) e Arantes et al. (2021) os fertilizantes e pesticidas utilizados no cultivo de diferentes culturas podem percolar dos campos agrícolas para os corpos d’água superficiais ou até mesmo lixiviar para as águas subterrâneas. Nesse contexto, o aumento do uso de fertilizantes, erosão do solo, juntamente com o escoamento superficial, pode resultar no incremento da carga de sedimentos, contaminantes químicos, nutrientes e matéria orgânica nos corpos d’água. (POUDEL, 2016), conseqüentemente, podendo causar uma série de impactos ambientais.

Silva et al. (2021) enfatiza que no contexto do Cerrado brasileiro, a expansão das monoculturas de soja representa um fenômeno de apropriação global dos recursos hídricos, sendo altamente dependente da irrigação nas áreas com transições para o semiárido. Esse cenário é evidenciado em um estudo desenvolvido por Guimarães e Landau (2020), no qual o estado de Minas Gerais, com o maior número de pivôs centrais (8.541), destaca-se entre os municípios, Unai ocupando a posição de segundo município com a maior área potencialmente irrigada (71.573,2 ha), com evolução gradual das áreas irrigadas ao longo dos anos, com destaque para um aumento significativo no período de 2010 a 2019 (Sousa et al., 2022).

Outra problemática enfrentada pela expansão das áreas agrícola diz respeito ao aumento da demanda pelo uso da água, onde o uso intenso para a irrigação na bacia do Rio Paracatu, a qual o município está inserido, colaborou para a diminuição da vazão do rio (SOUZA e SANT ANA, 2020), o que pode gerar tendências de conflito pelo uso da água entre os próprios irrigantes (GUIMARÃES e LANDAU, 2020).

Em resumo, a análise do IIA para os anos analisados demonstra um preocupante aumento progressivo ao longo desse período no município de Unai, evidenciando a importância em adotar medidas eficazes de manejo sustentável para enfrentar os desafios ambientais decorrentes do crescimento contínuo dessa atividade. Além disso, evidencia a importância de estudos e



monitoramento contínuos nesse campo, fornecendo informações essenciais para orientar políticas e práticas que visem à preservação dos recursos naturais e à sustentabilidade a longo prazo da agricultura.

## 5. Considerações Finais

O método utilizado envolveu a criação e análise do Índice de Intensidade Agropecuária (IIA) como uma métrica importante para avaliar a intensificação agrícola no município de Unaí - MG. Os resultados evidenciam uma evolução gradual nos valores do IIA ao longo dos anos, com um aumento significativo ao longo do tempo, classificando a região como de "Moderada Intensidade Agropecuária" em 1990, evoluindo para "Alta Intensidade Agropecuária" em 2020. Esse método proporcionou uma base sólida para a compreensão das mudanças na paisagem agrícola e suas implicações ambientais.

A importância deste estudo reside na identificação e quantificação das interações entre a intensificação agrícola e o meio ambiente, com um foco especial na gestão dos recursos hídricos. O aumento da intensidade agrícola pode desencadear impactos significativos nos ecossistemas aquáticos e na qualidade da água, afetando diretamente a comunidade local e o equilíbrio ambiental.

## 6. Agradecimentos

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

## 7. Referências bibliográficas

ABBOTT, B. W. K. et al. Human domination of the global water cycle absent from depictions and perceptions. *Nature Geoscience*, v. 12, p. 533-540, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0374-y>

ARANTES, L. T. Surface runoff associated with climate change and land use and land cover in southeast region of Brazil. *Environmental Challenge*, v. 3, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100054>

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

ARANTES, L. T. et al. Application of spatial environmental indicators in the assessment of degradation potential of water resources in water basins. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 195, n. 11, 2023. Doi: [10.1007/s10661-023-11499-w](https://doi.org/10.1007/s10661-023-11499-w).

BUSTAMANTE, M.M.C. et al. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. *Climatic Change*, v. 115, p. 559–577, 2012.

DUTTA, D. et al. Changing pattern of urban landscape and its effect on land surface temperature in and around Delhi. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 191, n. 551, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7645-3>

GALFORD, G. L., J. et al. The Amazon Frontier of Land-Use Change: Croplands and Consequences for Greenhouse Gas Emissions. *Earth Interactions*, v. 14, p. 1–24, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1175/2010EI327.1>.

GUIMARÃES, D. P., LANDAU, E. C. (2020). Georreferenciamento dos Pivôs Centrais de Irrigação no Brasil: Ano Base 2020. Embrapa Milho e Sorgo.

GODSWILL, A. C. et al. Environmental Impacts of Food and Agricultural Production: A Systematic Review. *European Academic Research*, v. 8, n. 2, p. 1120-1135, 2020.

GREGGIO, T. C.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M. Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jaboticabal-SP. *Revista Árvore*, v.33, n.1, p.117-124, 2009.

HU, T. et al. Mapping Urban Land Use by Using Landsat Images and Open Social Data. *Remote Sensing*, v. 8, n. 2, p. 1-18, 2016. Doi: <https://doi.org/10.3390/rs8020151>

KOPITTKE, P. M. et al. Soil and the intensification of agriculture for global food security, *Environment International*, v. 132, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>.

LAHSEN, M. Desvalorizando e superexplorando o Cerrado brasileiro em nosso perigo. *Meio ambiente: ciência e política para o desenvolvimento sustentável*, v. 58, n. 6, p. 4-15, 2016. Doi: [10.1080/00139157.2016.1229537](https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1229537)

LIMA, M. et al. Demystifying sustainable soy in Brazil. *Land Use Policy*, v. 82, p. 349-352, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.016>

LO, C. P.; CHOI, J. A Hybrid Approach to Urban Land Use/Cover Mapping Using Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) Images". *International Journal of Remote Sensing*, v. 25, n. 14, p. 2687-2700, 2004. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01431160310001618428>



LOURENÇO, R. W. SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A. Elaboração de uma metodologia de avaliação de fragmentos de remanescentes florestais como ferramenta de gestão e planejamento ambiental. *Revista Ambiência*, v. 10, n. 3, p. 685-698. Doi: <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2014.03.03>

MARTINELLI, L. A. et al. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 2, p. 431-438, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.09.008>

MIRANDA, S. S. et al. Regional variations in biomass distribution in Brazilian Savanna Woodland. *Biotropica*, v. 46, n.2, p. 125-138, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1111/btp.12095>.

MUTANGA, O.; E KUMAR, L. Google Earth Engine Applications. *Google Earth Engine Applications. Remote Sensing*, v. 11, n. 591. Doi: <https://doi.org/10.3390/rs11050591>

POUDEL, D. D. Surface water quality monitoring of an agricultural watershed for nonpoint source pollution control. *Journal Soil Water Conservation*, v. 71, n. 4, p. 310-326, 2016.

RADA, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. *Food Policy*, v. 38, 2013, p. 146-155. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.11.002>

ROHILA, A. K. et al. Impact of Agricultural Practices on Environment. *Asian Journal of Microbiology Biotechnology and Environmental Sciences*, v. 19, n.2, p. 381-384, 2017.

REKOW, L. Socio-Ecological Implications of Soy in the Brazilian Cerrado. *Challenges in Sustainability*, v. 7, n. 1, p. 7-29. Doi: <https://doi.org/10.12924/cis2019.07010007>.

SANO, E. E. et al. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. *Journal of Environmental Management*, v. 232, p. 818-828, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.108>.

SILVA, D. C. et al. Identificação de áreas com perda de solo acima do tolerável usando NDVI para o cálculo do fator C da USLE. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 42, p. 72-85, 2017.

SILVA, D. C. et al. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. *Caderno de Geografia*, v. 27, n. 50, 2017. <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27n50p455>



SILVA, A. L. et al. Water Appropriation on the Agricultural Frontier in Western Bahia and Its Contribution to Streamflow Reduction: Revisiting the Debate in the Brazilian Cerrado. *Water*, v. 13, n. 8, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/w13081054>

SINGH, S.K. et al. Predicting Spatial and Decadal LULC Changes Through Cellular Automata Markov Chain Models Using Earth Observation Datasets and Geo-information. **Environmental Processes**, v. 2, p. 61–78 (2015). Doi: <https://doi.org/10.1007/s40710-015-0062-x>

SONG, X. P. et al. Global land change from 1982 to 2016. **Nature**, v. 560, p. 639–643, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0411-9>

SOUSA, H. M. et al., Análise temporal da evolução da área irrigada por pivô central, no município de Unaí -MG. *Research, Society and Development*, v. 11, n.10, 2022. Doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32413>

TALUKDAR, S. et al. Land-Use Land-Cover Classification by Machine Learning Classifiers for Satellite Observations—A Review. *Remote Sensing*, v. 12, n. 7, 2020 Doi: <https://doi.org/10.3390/rs12071135>

TELUGUNTLA, P. et al. A 30-m Landsat-Derived Cropland Extent Product of Australia and China Using Random Forest Machine Learning Algorithm on Google Earth Engine Cloud Computing Platform. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 144, p. 325-340, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.07.017>

USDA, U.S. Department of Agriculture Department of Agriculture, Accessed on [www.ers.usda.gov](http://www.ers.usda.gov) (08 28 2019)

YIRA, B. et al. Modeling land use change impacts on water resources in a tropical West African catchment (Dano, Burkina Faso). *Journal of Hydrology*, v. 537, p. 187-199, 2016. Doi: [10.1016/j.jhydrol.2016.03.052](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.03.052)