



## Modelagem do Status de Degradação em Campos Nativos Alagáveis (Malezales) no Nordeste de Corrientes, Argentina

### Modelling the Degradation Status in Native Waterlogged Grasslands (Malezales) in the Northeast of Corrientes, Argentina

Luís Flávio Pereira<sup>1,2,3</sup> & Ditmar Bernardo Kurtz<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Avenida Peter Henry Rolfs s/n, 36.570-900, Viçosa-MG, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Corrientes, Ruta Nacional Nº12 Km 1.008, Código Postal 3416, El Sombrero, Corrientes, Argentina

<sup>3</sup>Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Cabral, Juan Bautista Cabral 2131, W3402 Corrientes, Argentina

E-mails: [luís.flavio@ufv.br](mailto:luís.flavio@ufv.br); [kurtz.ditmar@inta.gob.ar](mailto:kurtz.ditmar@inta.gob.ar)

DOI: [http://doi.org/10.11137/2020\\_2\\_255\\_262](http://doi.org/10.11137/2020_2_255_262); Recebido: 15/03/2019 Aceito: 01/07/2019

#### Resumo

Os “malezales” são campos naturais alagados localizados em planícies do nordeste da Argentina. Muitos malezales se desenvolvem sobre Inceptisols (USDA Soil Taxonomy) com horizontes pouco desenvolvidos e frequentemente saturados com água. Apesar de sua importância econômica e ambiental, os malezales são pouco estudados. Devido à sua utilização na produção pecuária e conversão recente em florestas cultivadas, a importância de sua biodiversidade está aumentando. O status de degradação do malezales foi avaliado com base em dois modelos distintos, baseados em ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Ambos os modelos sugeriram que os malezales estão, atualmente, moderadamente degradados, e que a degradação é maior na parte central da área de estudo do que em suas bordas. Entretanto, os modelos mostraram alta discrepância nos níveis de degradação, principalmente entre as categorias Não Degradada e Moderadamente Degradada (22 e 28% de discrepância, respectivamente). A concordância entre os pixels classificados por ambos os modelos foi pobre, apenas 50%. Sumariamente, nossos resultados mostram que a degradação pode se tornar uma grande ameaça à biodiversidade e à pecuária, não apenas se a mudança na cobertura da terra aumentar, mas também se o manejo das pastagens permanecer como o usual.

**Palavras-chave:** Degradação da Terra; LANDSAT 8; Sensoriamento Remoto

#### Abstract

The “malezales” are waterlogged natural grasslands located in broadly extended plain areas in the northeastern Argentina. Most of these malezales developed on Inceptisols (USDA soil taxonomy) with little development of pedogenic horizons, frequently saturated with water. Up to now, despite its economic and environmental importance, the malezales were barely studied. Currently, due to its utilization for livestock production and recent conversion into cultivated forests its importance as source of biodiversity is increasing. Here, through geoprocessing and remote sensing tools, we assess the malezales degradation status based on two different models. The results of both models suggested that the malezales are currently moderately degraded, and that the degradation is higher in the central part of the study area and less on its boundaries. Nevertheless, the models showed high discrepancy on the degradation levels, mainly between the categories Non-Degraded and Moderately-Degraded, 22 and 28% discrepancy respectively. The agreement between the pixels classified by both models was poor, barely 50%. Overall, our results show that the degradation could become a major threat to biodiversity and livestock, not only if land cover change increases, but also if current rangeland management remains as usual.

**Keywords:** Land Degradation; LANDSAT 8; Remote Sensing

## 1 Introdução

Os malezales são campos nativos em antigas planícies alagáveis, restritos ao nordeste argentino (Navarro de Rau & Kurtz, 2019). Malezales possuem alta biodiversidade e servem de habitat para muitas espécies de anfíbios, mamíferos, répteis e aves aquáticas e migratórias. Além disso, são um ecossistema de alta provisão de serviços ambientais, não possuem áreas legais de conservação da natureza, e a falta de conhecimento a seu respeito tem impedido a gestão sustentável de seus recursos (Zuleta *et al.*, 2017; Matteucci, 2018).

A gênese e dinâmica dos malezales está relacionada às características edafoclimáticas e geomorfológicas regionais (Lena, 1975; Carnevali, 1994). Solos sob malezales são muito planos, possuem horizonte superficial arenoso/siltoso muito permeável e horizonte subsuperficial argiloso pouco permeável, o que retarda a infiltração de água da chuva. A água permanece escoando sobre o solo por um longo período, o que leva ao arraste das frações finas e nutrientes do horizonte superficial. Esse processo de erosão foi historicamente acentuado pelo trânsito de gado, gerando um micro relevo seminatural, composto por um mosaico de sulcos e camalhões de diferentes formas e até 0,5 m de altura ou profundidade (Lena, 1975; Carnevali, 1994). Nos sulcos crescem espécies tolerantes ao alagamento, enquanto nas elevações crescem grupos de plantas diversos, mas também tolerantes ao excesso de água (Lena, 1975; Kurtz *et al.*, 2010; Matteucci, 2018) (Figura 1).

Malezales têm importância econômica nacional e provincial, pois são usados como pastagens naturais para pecuária extensiva. O manejo da pastagem se limita à queima de áreas infestadas de plantas daninhas e/ou com biomassa morta durante a estação seca e fria, para promover sua renovação no subsequente período chuvoso e quente (Kurtz *et al.*, 2010, 2016, 2018). Esse tipo de manejo tipifica uma exploração extrativista, e é um exemplo de pecuária pobremente manejada (Pereira *et al.*, 2018a), que vigora na região desde o século XVI (Carnevali, 1994; Kurtz *et al.*, 2010; Matteucci, 2018). A queima de pastagens, embora possa ser usada de forma estratégica (Zanini & Sbrissia, 2013), gera grandes perdas de nutrientes e carbono orgânico dos solos. Essas perdas causam aumento da emissão de gases estufa e redução da qualidade química e física

das terras e de sua prestação de serviços ambientais (Bertol *et al.*, 2011; Redin *et al.*, 2011; Turetta *et al.*, 2016). Além da perda de qualidade pelo manejo com queima, a interação entre pecuária pobremente manejada e características próprias do ambiente também gerou erosão hídrica em grande parte dos malezales do oeste da província de Corrientes (Kurtz *et al.*, 2010). Todavia, o estado de erosão em malezales do nordeste da província não é conhecido, tampouco seus níveis de degradação.

Processos de degradação em pastagens podem ser amplamente avaliados por técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento (Gao *et al.*, 2006; Kurtz *et al.*, 2010; Hott *et al.*, 2016; Aguiar *et al.*, 2017; Pereira *et al.*, 2018a, 2018b). O sensoriamento remoto é uma técnica extremamente necessária para estudar malezales, porque a forma reticular-anárquica do micro relevo dessas áreas, aliada à ausência de estradas, dificulta o acesso para estudos em campo (Kurtz *et al.*, 2010). Utilizando ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, este estudo objetivou mapear e caracterizar a degradação atual em malezales sobre os inceptosols da porção nordeste da província de Corrientes, Argentina.



Figura 1 Paisagem de malezal em processo de degradação por erosão hídrica do solo.

## 2 Material e Métodos

A área de estudo (Figura 2A) correspondeu a todas as áreas de solos “inceptosols” (USDA soil taxonomy) no nordeste da província de Corrientes, Argentina (174520 ha) (disponível em: <http://wms.sig-ctes.inta.gob.ar/geocorrientes>). Apesar de não haver padrão climático consistente (Matteucci, 2018), a região tende a apresentar uma estação seca e fria, do final do outono ao início da primavera, e uma estação chuvosa e quente, da primavera até o

início do outono (Figura 2B).

De modo identificar a área ocupada por malezais, foi realizado o mapeamento de uso e cobertura da terra, via classificação supervisionada de uma imagem LANDSAT 8 OLI da estação seca de 2015 (Figura 1A). A imagem utilizada foi a de código LC82250792015132LGN01, obtida junto ao *United States Geological Survey* mediante cadastro e solicitação em <https://earthexplorer.usgs.gov/>. O mapeamento e validação foram feitos utilizando-se o complemento *Semi-automatic Classification*

*Plugin* para QGIS, conforme o método e as diretrizes propostas por Pereira & Guimarães (2019) para melhorar o desempenho da classificação. Foram empregadas 600 amostras para validação de acurácia via índice Kappa (Congalton & Green, 2008; Pereira & Guimarães, 2019), e o mapa obtido foi atualizado para 2018 via interpretação de séries temporais de imagens do Google Earth Pro, conforme Pereira *et al.* (2018c). As áreas mapeadas como malezais serviram de máscara para o mapeamento da degradação.

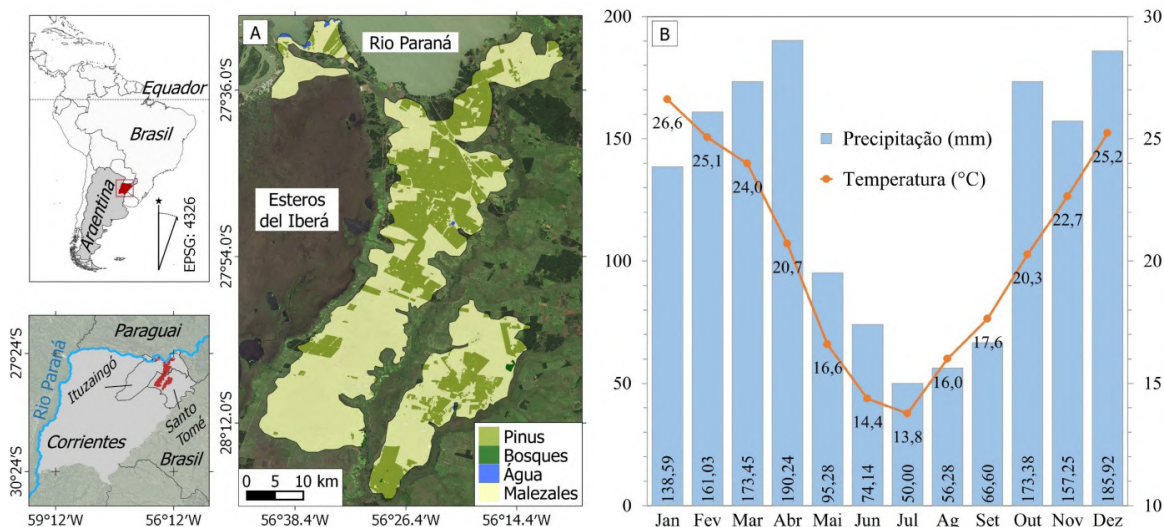


Figura 2 A. Localização dos malezais na área de estudo; B. Parâmetros Climáticos. Dados da estação INTA Mercedes (NH0498), entre 1988 e 2017 (disponível em: [sig2.inta.gov.ar](http://sig2.inta.gov.ar)).

O método de mapeamento se baseia na cobertura vegetal ( $V_c$ ), estimada via sensoriamento remoto conforme Gao *et al.* (2006). Além de evidenciar a disponibilidade instantânea de alimento para o gado, a cobertura vegetal de pastagens se correlaciona com a qualidade do solo e com o risco de ocorrência de impactos ambientais advindos da erosão hídrica (Rocha Júnior *et al.*, 2017a). O cálculo da  $V_c$  se baseia no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (Rouse *et al.*, 1974), que foi calculado utilizando-se uma imagem LANDSAT 8 OLI da estação chuvosa (13/02/2018), código LC82250792018044LGN00 (resolução: 30 x 30 m). O NDVI varia entre os valores -1 a 1, e é maior quanto mais densa e verde a cobertura vegetal, pois nesse caso a reflectância é baixa no comprimento de onda do vermelho e alta no infravermelho próximo. O solo exposto apresenta valores de NDVI próximos a zero, porque as reflectâncias do solo nesses comprimentos de onda são muito próximas (Rouse *et al.*, 1974). As equações para cálculo do NDVI e

$V_c$  são apresentadas a seguir.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

$$V_c = 100 \% \times \frac{NDVI - NDVI_S}{NDVI_V - NDVI_S} \quad (2)$$

Em que NIR são os dados de reflectância do infravermelho próximo (banda 5 das imagens LANDSAT 8), e Red é a reflectância no comprimento de onda do vermelho (banda 4).  $V_c$  é a cobertura vegetal sobre o solo (%),  $NDVI_S$  é o menor valor de NDVI para o solo exposto, e  $NDVI_V$  é o valor máximo de NDVI nas áreas de pastagens.

Os valores de  $V_c$  para cada pixel podem ser convertidos a níveis de degradação das pastagens, conforme intervalos de cobertura vegetal pré-calibrados. Como não existem modelos



calibrados para degradação de malezales, foram utilizados dois modelos distintos, para critério de comparação (Tabela 1). O modelo de Gao *et al.* (2006) foi proposto para medir níveis de degradação

em campos nativos dos planaltos do Tibete, enquanto o modelo de Pereira *et al.* (2018a) foi calibrado em campo, para pastagens tropicais pobremente manejadas no sudeste brasileiro.

Score–Nível de Degradação	Pereira <i>et al.</i> (2018a)	Gao <i>et al.</i> (2006)
1 – Não Degradado	≥ 77,5%	≥ 90%
2 – Degradação Leve	71 – 77,5%	75 – 90%
3 – Degradação Moderada	63,5 – 71%	60 – 75%
4 – Degradação Forte	45 – 63,5%	30 – 60%
5 – Degradação Extrema	≤ 45%	≤ 30%

Tabela 1 Intervalos de  $V_c$  para cada nível de degradação nos modelos utilizados.

As divergências entre modelos foram avaliadas comparando-se a ocorrência dos níveis de degradação em cada modelo, e também via álgebra de mapas. A álgebra de mapas foi realizada via subtração de scores de degradação, de modo a avaliar a divergência entre modelos quanto à distribuição das divergências e ao nível de discordância, da seguinte maneira: número de classes divergentes = *score* Pereira – *score* Gao. Quanto maior o número de classes divergentes, menor é a concordância entre os modelos. Por fim, o estado médio da degradação

dos malezales foi determinado pelo Índice de Degradação de Pastagens (IDP), calculado e interpretado (Tabela 2) conforme Gao *et al.* (2006):

$$IDP = \frac{\sum_{i=1}^5 D_i \times A_i}{A} \quad (3)$$

Em que IDP é o índice de degradação de pastagens,  $D_i$  é o *score* do nível de degradação;  $A_i$  é a área correspondente a cada nível de degradação; e  $A$  é a área total de pastagens.

Índice de Degradação de Pastagens	Status de degradação
$IDP \leq 1$	Não Degradado
$1 < IDP \leq 2$	Degradação Leve
$2 < IDP \leq 3$	Degradação Moderada
$3 < IDP \leq 4$	Degradação Forte
$4 < IDP$	Degradação Extrema

Tabela 2 Interpretação dos Valores de IDP (Gao *et al.* 2006).

### 3 Resultados e Discussão

O mapeamento do uso da terra, de alta acurácia, mostrou que 68% dos inceptosols do nordeste de Corrientes estão cobertos por malezales (118364 ha, Kappa = 0,97 – Figura 2A). Além de malezales, esses solos também são amplamente ocupados por plantações de *Pinus*, e uma pequena parte por bosques nativos e água. As áreas inundadas estão relacionadas ao acúmulo de água de chuva e a alagamentos pela construção da barragem hidrelétrica Yacyretá, no rio Paraná (Bauni *et al.*, 2015).

Para ambos modelos, malezales apresentaram status de degradação moderada ( $2 < IDP \leq 3$ ) (Figura 3). Apesar de ambos modelos indicarem o mesmo estado de degradação, houve alta divergência na ocorrência de cada nível de

degradação, principalmente para os níveis Não Degradado, Degradação Moderada e Degradação Forte. Em contraste, a abrangência estimada para os níveis Degradação Leve e Degradação Extrema foi muito próxima. A classe mais abrangente também foi distinta entre os modelos de Gao (Degradação Moderada) e Pereira (Degradação Leve), mas essas classes foram justamente as dominantes, e juntas corresponderam a mais de 60% dos malezales, em ambos os modelos (Figura 3). Dessa maneira, o modelo Pereira apresenta uma distribuição mais homogênea das classes de degradação, enquanto o modelo Gao tende alocar uma maior área em níveis de degradação intermediários, principalmente no nível Degradação Moderada (Figura 3). A área ocupada por cada nível de degradação nos mapas gerados pelos modelos Gao e Pereira é apresentada na Tabela 3.

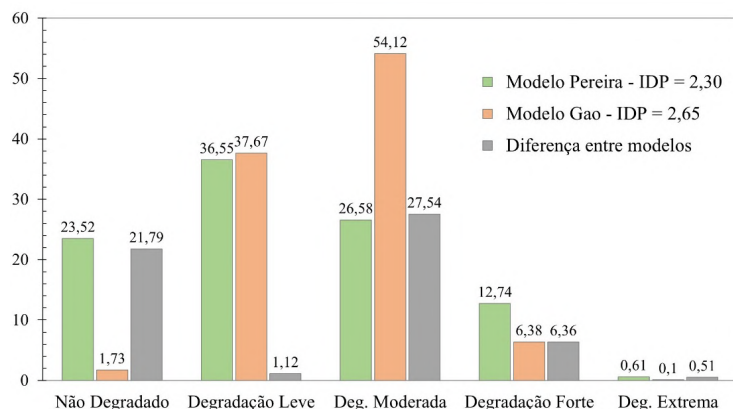


Figura 3 Ocorrência (%) dos níveis de degradação na área de estudo, segundo os dois modelos utilizados.

Nível de Degradação	Área Estimada (ha)	
	Modelo Gao	Modelo Pereira
1 – Não Degradado	2047,70	27839,21
2 – Degradação Leve	44587,72	43262,04
3 – Degradação Moderada	64058,60	31461,15
4 – Degradação Forte	7551,62	15079,57
5 – Degradação Extrema	118,36	722,02
Total	118364	118364

Tabela 3 Área estimada para cada nível de degradação dos modelos utilizados.

Ao comparar pixel a pixel os mapas gerados, nota-se que apenas 50% das classificações foram concordantes (Figura 4C). Além disso, os pixels de classificação discordante apresentaram distribuição desigual. O modelo Gao superestimou a degradação em 43% da área, e subestimou-a em apenas 7% dos pixels, em relação ao modelo Pereira. Entretanto, embora a divergência de classificação quanto à

degradação tenha sido alta, a Figura 4C mostra que os modelos discordaram em no máximo um nível de degradação. As discordâncias estão relacionadas às seguintes características: elevada ocorrência da classe Degradação Moderada no mapa obtido via modelo Gao, e maior ocorrência das classes Não Degradado e Degradação Forte, em mapas obtidos pelo modelo Pereira (Figura 3).

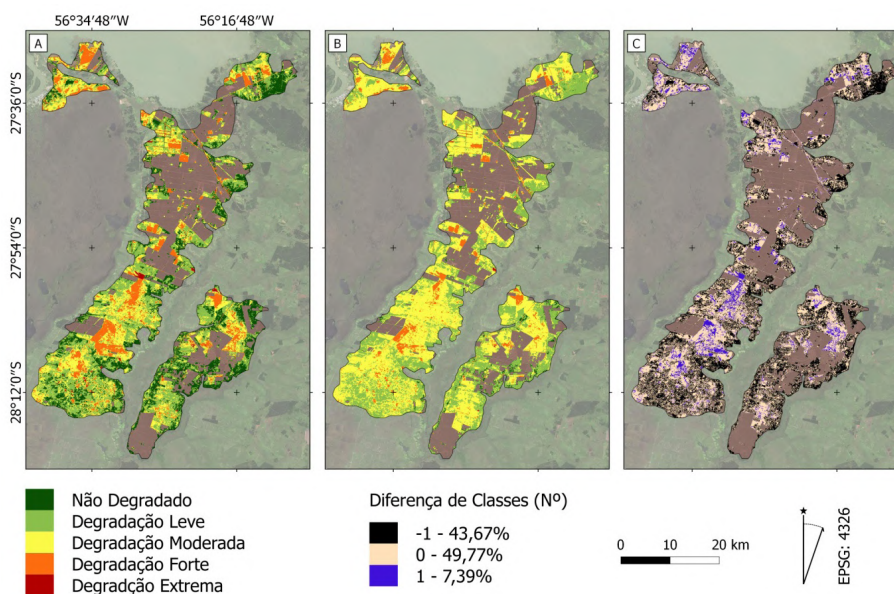


Figura 4 Mapas de degradação de malezais, segundo os modelos de Pereira (A) e Gao (B). (C) Indica a diferença entre modelos, em número de classes ( $N^{\circ} = score_{Pereira} - score_{Gao}$ ).

A degradação apresenta distribuição espacial visualmente desigual, em observação aos mapas gerados pelos dois modelos (Figuras 4A e 4B). Os malezales menos degradados se encontram nas bordas da área de estudo, enquanto malezales com degradação elevada têm localização centralizada.

Apesar da expansão das plantações de *Pinus*, malezales usados pela pecuária extensiva ainda ocupam a maior parte dos inceptosols do nordeste de Corrientes (Figura 2A), representando uma importante fonte de renda regional, através da atividade pecuária. Os resultados indicam que os dois modelos utilizados convergem para um diagnóstico comum: malezales apresentam degradação, em média, moderada, e existem poucos malezales extremamente degradados (Figuras 3 e 4).

Os modelos divergem fortemente em relação a ocorrência de malezales sem sinais de degradação. Entretanto, mesmo com alta divergência, é notável que poucos deles se encontram adequadamente preservados, pois apenas 23,52 e 1,73% dessas pastagens apresentam degradação não detectável, segundo os modelos de Pereira e Gao, respectivamente. O modelo Pereira é conceitualmente o mais realista, visto que foi calibrado em campo para pastagens sob manejo e edafoclima mais parecidos com os de áreas de malezales: pastagens sobre solos pobres, manejo relacionado apenas à queima e controle de plantas daninhas e estações climáticas de comportamento sazonal – seca e fria; quente e úmida (Pereira *et al.*, 2018a). As áreas diferem pelo relevo acidentado e solos permeáveis e profundos, no caso de pastagens monitoradas por Pereira *et al.* (2018a). Entretanto, a validação em campo é necessária para determinar o modelo mais adequado, e a calibração de um modelo específico para malezales seria a solução mais adequada, ainda que custosa e difícil, devido à falta de estradas, solo alagado e principalmente ao micro relevo de forma reticular-anárquica dessas áreas (Kurtz *et al.*, 2010).

O estresse hídrico é um fator altamente limitante ao desenvolvimento da cobertura vegetal de pastagens (Hott *et al.*, 2016; Aguiar *et al.*, 2017; Pereira *et al.*, 2018a), especialmente em malezales (Bendersky & Pizzio, 2010). Dessa forma, áreas de elevada degradação durante a época chuvosa, na qual não há limitação por estresse hídrico, apontam precisamente regiões com o solo degradado

(Pereira *et al.*, 2018a). Por isso, é possível afirmar que a degradação dos malezales do nordeste de Corrientes está atrelada à degradação do solo, assim como ocorre na região oeste, onde malezales estão fortemente afetados por erosão hídrica (Kurtz *et al.*, 2010). O mapa de erosão hídrica atual da Argentina corrobora com essa interpretação, tendo em vista que para a área de estudo, a erosão está, em muitas partes, acima do tolerável (Gaitán *et al.*, 2017).

A degradação de malezales é derivada da interação entre fatores naturais e antrópicos (Lena, 1975). Essas interações podem explicar os padrões espaciais de degradação evidenciados na Figura 4. A hipótese mais plausível é de que como o processo de erosão ocorre do centro para as bordas da área de estudo, há intensa translocação dos nutrientes, argila e matéria orgânica para essas regiões periféricas (Lena, 1975). A atividade do gado, aliada ao manejo tradicional da pastagem, cria ou aprofunda canais de escoamento erosivo preexistentes (Carnevali, 1994), o que acelera o processo de degradação da terra nas regiões centrais. Assim, áreas de malezales tornam-se mais degradadas nas áreas centrais do que nas áreas periféricas.

A partir desses resultados, nota-se que os malezales sobre inceptosols no nordeste de Corrientes são um ecossistema frágil e ameaçado, tanto pela degradação pelo manejo tradicional da pastagem, quanto pela substituição do ecossistema semi-natural por plantações de *Pinus*. Além disso, a degradação dos malezales é preocupante justamente por estar atrelada à degradação dos inceptosols, o que gera perdas de solo, nutrientes, água e carbono orgânico imobilizado, além da redução da prestação de serviços ambientais (Bertol *et al.*, 2011; Redin *et al.*, 2011; Turetta *et al.*, 2016; Rocha Junior *et al.*, 2017b). A pecuária é a principal fonte de renda regional (Carnevali 1994; Kurtz *et al.*, 2010, Matteucci, 2018), e pode ser altamente afetada caso o processo de degradação dos malezales não seja revertido. Como um dos fatores de degradação é o manejo, devem ser adotadas políticas que fomentem o uso de tecnologias mais sustentáveis, em substituição ao uso do fogo. Essas tecnologias devem integrar benefícios como alta produtividade e redução da biomassa morta (Kurtz *et al.*, 2016) e preservação da diversidade de espécies dos campos nativos do nordeste argentino (Kurtz *et al.*, 2018). Nesse sentido, se deveria considerar a implementação de uma melhor subdivisão e distribuição de piquetes,



fontes de água e saeiros, entre outras práticas de gestão do ambiente produtivo.

#### 4 Conclusão

Atualmente, malezales sobre inceptsols apresentam degradação moderada e possuem poucas áreas adequadamente conservadas, segundo resultados convergentes dos modelos aplicados. As áreas extremamente degradadas também são infrequentes. Devido à essa ampla degradação dos malezales, a atividade pecuária no nordeste argentino deve ser repensada, adotando-se melhores práticas de gestão da biomassa das pastagens, em substituição ao uso do fogo.

A abrangência de cada nível de degradação é discordante entre os modelos de mapeamento utilizados, embora as discordâncias sejam de no máximo um nível de degradação. Apenas a validação em campo ou a calibração de um modelo específico para malezales poderia apontar com precisão a abrangência de cada nível de degradação, embora o modelo de Pereira seja o mais adequado, conceitualmente.

Os mapas sugerem que malezales estão mais degradados no centro das áreas de inceptsols do que em suas bordas, o que pode estar relacionado à interação entre a atividade do gado e a dinâmica natural desse ecossistema. Além disso, a cartografia evidencia regiões com malezales em diversos estados de degradação, além de expor locais onde a classificação da degradação é concordante ou discordante entre os modelos aplicados. Através dessas informações, estudos podem ser geograficamente direcionados, de modo a desvendar processos de degradação dos malezales e gerar técnicas de recuperação de forma específica para esse ecossistema, em cada um de seus níveis de degradação. Os resultados também podem ser úteis para planos de gestão e zoneamento das áreas de malezales sobre inceptsols.

#### 5 Agradecimentos

Ao governo argentino e à Capes, por concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor (processo N° 88887.197405/2018-00). Ao Projeto “Impacto del Sistema Forestal bajo Pinus sp. Sobre la Calidad, Cantidad y Distribución de las Fracciones Orgánicas y su Efecto en el Secuestro de Carbono” (PI16A007), financiado pela Secretaría General de

Ciencia y Técnica – UNNE. Argentina.

#### 6 Referências

- Aguiar, D.A.; Mello, M.P.; Nogueira, S.F.; Gonçalves, F.G.; Adami, M. & Rudorff, B.F.T. 2017. MODIS time series to detect anthropogenic interventions and degradation processes in tropical pasture. *Remote Sensing*, 9(1): 73.
- Bauni, V.; Schivo, F.; Capmourteres, V. & Homberg, M. 2015. Ecosystem loss assessment following hydroelectric dam flooding: The case of Yacyretá, Argentina. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 1: 50-60.
- Bendersky, D. & Pizzio, R. 2010. Campo natural: sequía, producción y capacidad de recuperación. Mercedes: INTA. 3p. (Noticias y Comentarios del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria n° 466).
- Bertol, I.; Gobbi, E. Barbosa, F.T.; Paz-Ferreiro, J.; Gebler, L.; Ramos, J.C. & Werner, R.S. 2011. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(4): 1421-1430.
- Carnevali, R. 1994. *Fitogeografía de laprovincia de Corrientes*. Corrientes, INTA – Gobierno de la provincia de Corrientes. 324 p.
- Congalton, R.G. & Green, K. 2008. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. New York, CRC Press. 200 p.
- Gaitán, J.; Navarro Rau, M.F.; Vuegen, L.T.; Pizarro, M.J.; Carfagno, P. & Rigo, S. 2017. *Estimación de lapérdida de suelo por erosión hídrica em la República Argentina*. Buenos Aires, Ediciones INTA. 65 p.
- Gao, Q.; Li, Y.; Wan, Y.; Lin, E.; Xiong, W.; Jiangcun, W.; Wang, B. & Li, W. 2006. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. *Journal of Geographical Sciences*, 16(2): 165-173.
- Hott, M.C.; Carvalho, L.M.T.; Antunes, M.A.H.; Santos, P.A.; Arantes, T.B.; Resende, J.C. & Rocha, W.S.D. 2016. Vegetative growth of grasslands based on hyper-temporal NDVI data from the Modis sensor. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(7): 858-868.
- Kurtz, D.B.; Schellberg, J. & Braun, M. 2010. Ground and satellite based assessment of rangeland management in sub-tropical Argentina. *Applied Geography*, 30(2): 210-220.
- Kurtz, D.B.; Asch, F.; Giese, M.; Hülsebusch, C.; Goldfarb, M.C. & Casco, J.F. 2016. High impact grazing as a management tool to optimize biomass growth in northern Argentinean grassland. *Ecological indica-*

- tors, 63: 100-109.
- Kurtz, D.B.; Giese, M.; Asch, F.; Windsch, S.H. & Goldfarb, M.C. 2018. Effects of high impact grazing on species diversity and plant functional groups in grasslands of northern Argentina. *Sustainability*, 10(9): 3153.
- Lena, R. 1975. *Geomorfologia aplicada a lavantamiento de suelos*. Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas, Naturales y Agrimensura. 90 p.
- Matteucci, S.D. 2018. Ecorregión Campos y Malezales. In: MORELLO J. et al. (eds). *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. GEMAPA, p. 285-306.
- Navarro de Rau, M.F. & Kurtz, D.B. 2019. Soils of Corrientes. In: Rubio G.; LAVADO R. & PEREYRA F. (eds) *The Soils of Argentina*. World Soils Book Series. Springer, Cham.
- Pereira L.F.; Ferreira, C.F.C. & Guimaraes, R.M.F. 2018a. Manejo, qualidade e dinâmica da degradação de pastagens na Mata Atlântica de Minas Gerais-Brasil. *Nativa*, 6(4): 370-379.
- Pereira, L.F. & Guimaraes, R.M.G. 2019. Mapeando usos/coberturas da terra com *Semi-Automatic Classification Plugin*: quais dados, classificador e estratégia amostral? *Nativa*, 7(1): 70-76.
- Pereira, L.F.; Guimaraes, R.M.G. & Oliveira, R.R.M. 2018c. Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 3(3): 250-264.
- Pereira, O.J.R.; Ferreira, L.G.; Pinto, F. & Baumgarten, L. 2018b. Assessing pasture degradation in the Brazilian Cerrado based on the analysis of MODIS NDVI time-series. *Remote Sensing*, 10(11): 1761.
- Redin, M.; Santos, G.F.; Miguel, P.; Denega, G.L.; Lupatini, M.; Doneda, A. & Souza, E. 2011. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. *Ciência Florestal*, 21(2): 381-392.
- Rocha Junior, P.R.; Donagemma, G.K.; Andrade, F.V.; Passos, R.R.; Costa, A.S.V. & Ruiz, H.A. 2017a. Field-based quality indicators in degraded pasture of the Atlantic forest biome. *Australian Journal of Crop Science*, 11(6): 652-661.
- Rocha Junior, P.R.; Andrade, F.V.; Mendonça, E.S.; Donagemma, G.K.; Fernandes, R.B.A.; Bhattharai, R. & Kalita, P.K. 2017b. Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome. *Science of the Total Environment*, 583: 53-63.
- Rouse, J.W.; Hass, R.H.; Schell, J.A. & Deering, D.W. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Proceedings... Greenbelt, NASA. p. 3010-3017.
- Turetta, A.P.D.; Tonucci, R.; Mattos, L.M.; Amaro, G.; Balieiro, F.C.; Prado, R.B.; Souza, H.A. & Oliveira, A.P. 2016. An approach to assess the potential of agroecosystems in providing environmental services. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(9): 1051-1060.
- Zanini, G.D. & Sbrissia, A.F. 2013. Fogo em pastagens: estratégia de manejo? *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 12(1): 94-103.
- Zuleta, G.A.; Malizia, L.R.; Fontana, J.L.; Aguilar Zurita, A.; Teizeira, D.; Guida Johnson, B.; Cony, M.; Maranta, A. & Espinoza-Mendoza, V.E. 2017. Áreas prioritarias para restauración ecológica (APREs) em Argentina. In: ZULETA, G. A.; ROVERE, A. & MOLLARD, F. (eds). *SIACRE-2015 aportes y conclusiones tomando decisiones para revertir la degradación ambiental*. Buenos Aires, p.179-192.