



Manejo, qualidade e dinâmica da degradação de pastagens na Mata Atlântica de Minas Gerais - Brasil

Luís Flávio PEREIRA^{1*}, Cecília Fátima Carlos FERREIRA¹, Ricardo Morato Fiúza GUIMARÃES²

¹Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

²Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil.

*E-mail: pereira.flavioluis@gmail.com

Recebido em agosto/2017; Aceito em dezembro/2017.

RESUMO: Pastagens sob práticas de manejo ineficientes tornam-se degradadas, provocando sérios problemas socioambientais e econômicos. Assim, entender a dinâmica dos sistemas pastoris e suas interações com o meio físico torna-se essencial na busca de alternativas sustentáveis para a agropecuária. Estudou-se manejo, dinâmica anual e interações socioambientais em pastagens de uma bacia hidrográfica no bioma Mata Atlântica em Minas Gerais, Brasil, durante o ano hidrológico 2016/2017. Utilizou-se dados de campo, relatos de agricultores e sensoriamento remoto via imagens LANDSAT 8 OLI e Google Earth Pro[®]. Foi proposto um índice de qualidade para pastagens da região. As pastagens apresentaram, em média, qualidade moderada. Níveis de degradação foram altos, oscilando de forma quadrática (níveis 2, 4, 5 e IDP) e potencial (nível 1) com a precipitação ($p < 0,01$), o que sugere que a irrigação possa ser prática eficiente no controle da degradação. Durante o ano, pelo menos 51,27% das pastagens apresentaram algum sinal de degradação, atingindo-se a marca de 91,32%, no período seco. Os resultados sugerem pior qualidade e maiores níveis de degradação de pastagens em terras elevadas e declivosas. Devido às condições socioambientais locais, indica-se o uso de sistemas silvipastoris agroecológicos no manejo das pastagens.

Palavras-chave: uso da terra, sensoriamento remoto, relação solo paisagem, Zona da Mata, índice de qualidade.

Management, quality and degradation dynamics of pastures in Atlantic Forest biome, Minas Gerais – Brasil

ABSTRACT: Pastures under inefficient management practices get degraded, leading to serious socioeconomic and environmental issues. That being said, understanding the dynamics of such systems and their interaction with the environment is essential when it comes to looking towards sustainable alternatives for livestock activities. The management, annual dynamics and socio-environmental interactions in pastures in a hydrographic basin located in Atlantic Forest biome, Minas Gerais, Brasil, were studied during the hydrological year of 2016/2017. Field data and farmers reports were utilized, such as remote sensing via images from LANDSAT 8 OLI and Google Earth Pro[®]. A quality index was proposed for the pastures, which usually presented medium quality. Degradation levels were high, oscillating in a quadratic basis (levels 2, 4, 5 and IDP) and potential (level 1) with precipitation ($p < 0,01$), which suggests that irrigation might be an efficient practice when it comes to degradation control. During the year, at least 51,27% of pastures have presented signs of degradation, achieving 91,32% in dry periods. The results suggest less quality and bigger degradation levels in pastures located in high and steep areas. Considering the local environmental conditions, agroecological silvopasture systems are recommended regarding the pastures management.

Keywords: land use, remote sensing, soil/landscape relationships, Zona da Mata, quality index.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional pós revolução industrial, a demanda por recursos como água, terra e alimentos foi atendida, em grande parte, pela exploração desenfreada das reservas naturais. Essa exploração gerou profundas mudanças na estrutura dos ecossistemas, com a transformação de aproximadamente 24% da superfície terrestre em sistemas cultivados (MEA, 2005).

No Brasil, as alterações ambientais decorrentes da atividade agropecuária resultaram da conversão de ecossistemas complexos às áreas cultivadas, que foram subsequentemente degradadas por práticas de manejo inadequadas (SAMBUICHI et al., 2012). Caso não sejam priorizadas práticas de manejo ambientalmente sustentáveis,

economicamente viáveis e socialmente justas no desenvolvimento de um novo modelo de agropecuária, grandes problemas ambientais e socioeconômicos poderão ocorrer nas próximas décadas (FOLEY et al., 2011; TILMAN et al., 2011).

Diversos estudos têm abordado origem, evolução ou quantificação da degradação de pastagens no Brasil, sempre relatando altos índices de degradação, impactos ambientais e perdas econômicas nas áreas estudadas (ANDRADE et al., 2013; GALDINO et al., 2015; HOTT et al., 2016; AGUIAR et al., 2017). Sabe-se que índices de vegetação e de crescimento de pastagens apresentam variabilidade significativa em relação à precipitação mensal (HOTT et al., 2016; AGUIAR et al., 2017). No entanto, poucos estudos

abordam a sazonalidade anual da degradação, principalmente no âmbito quantitativo.

Grandes extensões de terra são ocupadas pela pecuária pobremente manejada em áreas do bioma Mata Atlântica em Minas Gerais (MG), Brasil. Segundo Hott et al. (2016), na Zona da Mata (MG) pastagens se estendem por cerca de 1,2 milhões de hectares, 32% das terras nessa mesorregião. Destas, aproximadamente 60% apresentam uma taxa de crescimento bastante reduzida, o que implica em baixa produtividade e sustentabilidade da pecuária. Esses problemas provavelmente estão associados às práticas de manejo ineficientes para as condições fisiográficas regionais (ROCHA JUNIOR et al., 2017a).

Este estudo teve como objetivo caracterizar a dinâmica anual das pastagens em uma bacia hidrográfica no bioma Mata Atlântica, bem como discutir impactos das pastagens degradadas sobre as condições socioambientais da bacia, de modo a propor estratégias para reabilitar as áreas de pastagens degradadas. Para tanto, buscou-se compreender as interações entre pastagens e condições edafoclimáticas/socioeconômicas locais. A partir dos resultados obtidos, foi proposto um índice de qualidade de pastagens.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo consistiu na bacia hidrográfica do córrego Dornelas, afluente do ribeirão do Melo, que por sua vez é um importante contribuinte da margem direita do alto rio Piranga. A bacia apresenta altitude de 730 a 900 m, litologia diversificada (rochas metassedimentares, gnaiesses/migmatitos e granitoides), precipitações médias anuais muito altas, por volta de 1900 mm, e altas temperaturas (LEITE et al., 2007). A área possui duas estações bem marcadas, em que o semestre seco compreende os meses de abril a setembro, e o semestre chuvoso coincide com os meses de outubro a março (Figura 1). A interação entre fatores climáticos, geológicos e biológicos levou à formação de um planalto dissecado de solos altamente intemperizados e profundos, cobertos por um dos *hotspots* de biodiversidade mais ameaçados no Brasil: a Mata Atlântica (MYERS et al., 2000; SCHAEFER, 2013).

A agricultura na região é predominantemente familiar com propriedades minifundiárias, sendo as terras utilizadas no cultivo de pastagens para a bovinocultura de leite e corte, associadas a pequenas capineiras, canaviais e milharais destinados à produção de silagem para alimentação do gado no período seco. São encontrados também canaviais destinados à produção de cachaça e derivados, e pequenas áreas com produção de cereais e olerícolas utilizados na alimentação da população e animais domésticos (Figura 2). A área estudada foi considerada representativa para áreas rurais de aptidão agrícola restrita cobertas pelo bioma Mata Atlântica, por guardar características edafoclimáticas, socioeconômicas e agrícolas intrínsecas a essas áreas.

A bacia foi delimitada conforme os procedimentos adotados por Bruno (2017), e o mapa de uso e ocupação da terra foi obtido para a data 03/05/2016, a partir da interpretação de imagem de alta resolução do Google Earth Pro® e, posteriormente, verificação in loco.

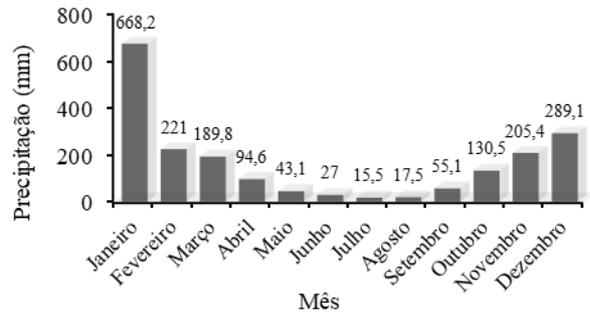


Figura 1. Precipitação média mensal na Bacia do córrego Dornelas, segundo Leite et al. (2007).

Figure 1. Average monthly precipitation, in Dornelas stream basin, Leite et al. (2007).

2.2. Caracterização das pastagens

A bacia do córrego Dornelas foi monitorada durante um ano hidrológico, de julho de 2016 a junho de 2017. Para caracterizar as pastagens, avaliou-se visualmente 45 manchas de pastagens amostradas aleatoriamente ao se transitar pela bacia (Figura 2). Todas as manchas foram observadas entre os dias 13 e 16 de abril de 2017, fotografadas e georreferenciadas. Classificou-se as manchas em cinco níveis de degradação (9 áreas para cada nível). Os níveis foram definidos conforme os fatores cobertura vegetal verde e morta, vigor, altura do dossel, e grau de erosão. Esses fatores mostram a disponibilidade instantânea de alimento para o gado, e se correlacionam com a qualidade do solo e risco de ocorrência de impactos ambientais advindos da erosão acelerada em pastagens no bioma Mata Atlântica (ROCHA JÚNIOR et al., 2017b).

De modo a entender o histórico e evolução das pastagens na área, 11 agricultores familiares da localidade foram consultados. Os agricultores foram questionados sobre os manejos adotados, dificuldades enfrentadas na produção, impactos ambientais observados e características julgadas como desejáveis ou indesejáveis em suas pastagens. As consultas foram realizadas sem perguntas pré-definidas e as respostas não foram gravadas em nenhum formato, para não constranger os agricultores e/ou limitar as informações adquiridas durante a conversa. Os agricultores permitiram a publicação das informações coletadas.

2.3. Mapeamento digital e análises espaciais

Todo o processamento digital foi realizado no software livre QGIS 2.18.9 – Las Palmas. A estimativa dos níveis de degradação de pastagens foi feita via sensoriamento remoto, pela metodologia proposta por Gao et al. (2006). Essa metodologia foi escolhida por ter mostrado bons resultados, quando adaptada às condições brasileiras (ANDRADE et al., 2013). Nessa metodologia é utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), proposto por Rouse et al. (1973), e mensurado conforme a equação a seguir.

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \quad (\text{Equação 1})$$

em que: *NDVI* = índice de vegetação por diferença normalizada, adimensional; e *NIR* e *RED* são, respectivamente, os valores de reflectância no infravermelho próximo e do vermelho para o pixel analisado.

O NDVI varia entre os valores de -1 a 1, e é maior quanto mais densa e verde a cobertura vegetal, pois nesse caso é maior a absorção no comprimento de onda do vermelho e maior a reflectância do infravermelho próximo.

Obtido o NDVI, este é utilizado no cálculo da cobertura vegetal das pastagens (V_C), de acordo com a equação:

$$V_C = (NDVI - NDVI_S) / (NDVI_S - NDVI_V) \quad (\text{Equação 2})$$

em que: V_C = cobertura vegetal das pastagens, em %; $NDVI_S$ = menor valor de NDVI das manchas de solo exposto na área; e $NDVI_V$ = maior valor de NDVI encontrado nas áreas de pastagens.

Para obtenção do mapa de V_C foi utilizada imagem LANDSAT 8 OLI com correção atmosférica e resolução espacial de 30 metros, do dia 6 de março de 2017. Imagens desse tipo são disponibilizadas gratuitamente pela United States Geological Survey – USGS, no site Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

Manchas de pastagens classificadas em campo e mapa de V_C de março foram comparados. A comparação permitiu determinar os intervalos numéricos de V_C que melhor representavam cada um dos cinco níveis de degradação. Os níveis de degradação foram codificados com números inteiros de 1 a 5, sendo 1 o valor representativo do nível de maior degradação, e 5 o valor em que a degradação é nula. Assim, quanto maior o valor do nível, menor a degradação associada. Apesar de constituírem variáveis categóricas, esses valores apresentam proporcionalidade entre si, o que permite comparações e operações matemáticas entre valores. Por isso, o nível médio de degradação é expresso pelo Índice de Degradação de Pastagens (IDP), calculado pela média dos níveis de degradação com ponderação na área, conforme realizado por Andrade et al. (2013).

Dinâmica e variabilidade do estado de degradação das pastagens foram avaliadas extrapolando-se os intervalos de V_C obtidos via imagem do mês de março sobre outros seis mapas de V_C . Esses mapas foram produzidos conforme descrito anteriormente, utilizando-se imagens de diferentes datas ao longo do ano hidrológico 2016/2017. O Índice de Variabilidade da Degradação de Pastagens (I_V) mede a oscilação dos níveis de degradação de uma pastagem, em variação dos valores de níveis de degradação. O I_V é calculado conforme a equação abaixo:

$$I_V = D_U - D_S \quad (\text{Equação 3})$$

em que: I_V = índice de variabilidade de pastagens, adimensional; D_U = valor do nível de degradação ao final do semestre chuvoso, adimensional; e D_S = valor do nível de degradação ao final do semestre seco, adimensional.

A acurácia do método de extrapolação dos níveis de V_C foi determinada. Para isso, novas manchas de pastagens amostradas aleatoriamente foram classificadas em campo. As coletas foram realizadas nos dias 08 a 11 de junho de 2017. A classificação de campo foi comparada com a classificação digital obtida através de imagem do dia 10/06/2017 e intervalos de V_C calibrados para março.

De acordo com os resultados obtidos, foi proposto um índice de qualidade de pastagens (IQP) para a região, calculado conforme a seguinte equação:

$$IQP = [(D_U + D_S)/2] * D_U - |I_V| \quad (\text{Equação 4})$$

em que: IQP = índice de qualidade de pastagens, adimensional.

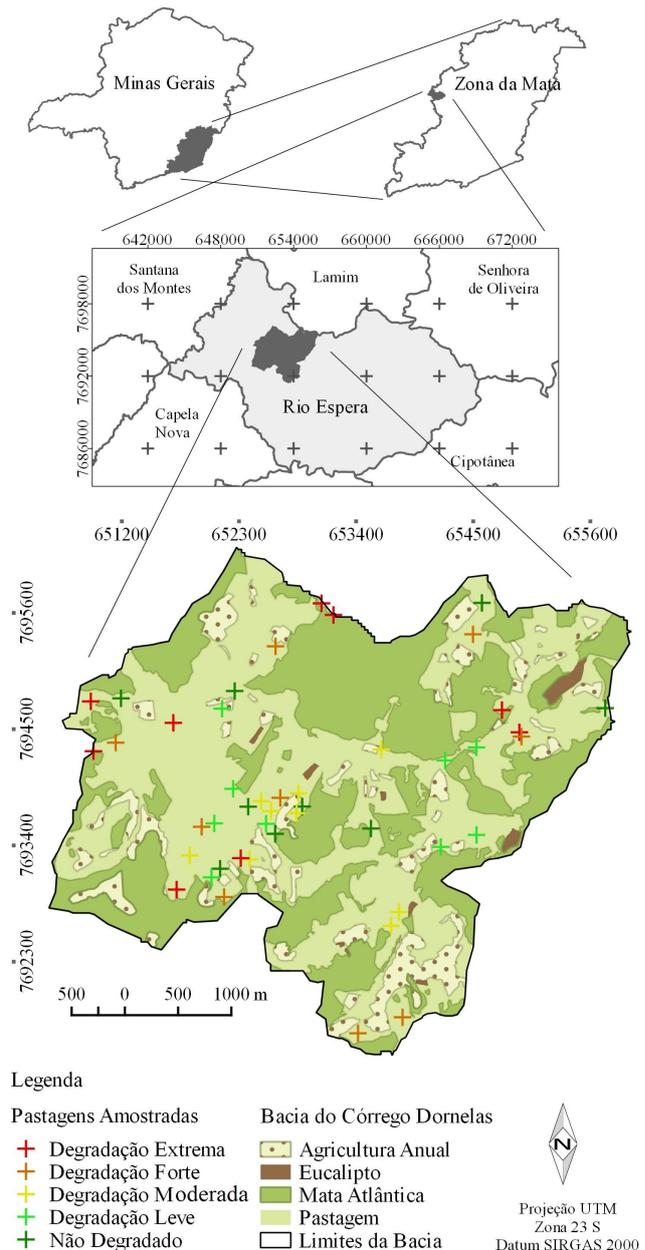


Figura 2. Localização da bacia do córrego Dornelas, uso da terra e distribuição das pastagens utilizadas na calibração dos intervalos de V_C equivalentes aos níveis de degradação.

Figure 2. Location of Dornelas stream basin, land use and pastures distribution utilized for the calibration of de V_C intervals equivalent to degradation levels.

A proposição baseou-se na premissa de que uma boa pastagem para a região é aquela que: (1) apresenta menor nível médio de degradação ao longo do ano; (2) assume seu estado de menor degradação na época chuvosa; e (3) não apresenta grande variabilidade de cobertura vegetal ao longo do ano. Essas características foram utilizadas por terem sido relatadas como desejáveis pela maioria dos agricultores familiares consultados. Os valores de IQP são maiores quanto menor o nível médio de degradação entre épocas chuvosa e seca, menor o estado de degradação da época chuvosa e mais próximo de zero for o I_V . O IQP pode variar de -0,5 a 25, e foi convertido em classes de qualidade definindo-se intervalos de referência, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Intervalos de IQP referentes à cada classe de qualidade das pastagens.

Classe	Qualidade	Intervalo de IQP
1	Péssima	≤ 4
2	Ruim	4 – 8
3	Moderada	8 – 14
4	Boa	14 – 21
5	Excelente	≥ 21

3. RESULTADOS

Observações de campo e informações fornecidas pelos agricultores confirmaram que pastagens da localidade são pobremente manejadas. Como práticas de manejo, são comuns apenas o controle mecânico de plantas daninhas e o ateuio de fogo, quando a densidade e/ou porte dessas plantas inviabilizam a roçagem. Pousio e piqueteamento foram incomuns, e efetuados de forma inadequada, quando presentes. Também foram observadas práticas inadequadas de implementação, como aragem e gradagem no sentido da maior declividade dos morros. A irrigação não é praticada na região, e as pastagens são predominantemente constituídas de *Urochloa* sp. (Syn. *Brachiaria* sp.), com destaque para a *U. brizantha*.

A caracterização em campo permitiu agrupar pastagens em cinco níveis de degradação. A comparação entre dados coletados em campo e mapeamento digital da V_C de março possibilitou identificar os intervalos de V_C que melhor representavam cada nível de degradação (Tabela 2). Extrapolando-se os intervalos de V_C , efetuou-se a

classificação digital dos níveis e degradação das pastagens para as diferentes épocas do ano hidrológico (Figura 3). A classificação dos níveis de degradação de junho apresentou índice Kappa igual a 0,89, que representa concordância excelente entre os dados de campo e a classificação digital ($p < 0,001$; $0,74 \leq \text{Kappa} \leq 1,0$ para um intervalo de confiança de 95%) (FLEISS, 1981; LANDIS; KOCH, 1977; SIEGEL; CASTELAN, 1988). Por isso, a técnica de extrapolação dos intervalos de V_C foi considerada adequada para os objetivos do trabalho.

O estado de degradação das pastagens apresentou grande variabilidade ao longo do ano hidrológico, com maior degradação das pastagens nos meses secos do que nos úmidos. Setembro apresentou a degradação mais intensa do ano (IDP = 2,19), em que 91,3% das pastagens possuíam algum grau de degradação e 35,1% das pastagens encontravam-se extremamente degradadas. Já o menor nível de degradação ocorreu em fevereiro (IDP = 4,04). Junho e julho apresentaram níveis de degradação intermediários, em conformidade com a transição gradual do período seco para o período úmido (Figura 3).

O I_V (Equação 3) foi calculado pixel a pixel conforme a Equação 3, e apresentou valores predominantemente maiores ou iguais a zero. Poucos pontos (menos de 1% da área) apresentaram maiores níveis de degradação na época úmida (Figura 3). Predominaram oscilações de um (24%), dois (30%) ou três (27%) níveis de degradação, enquanto oscilações de nenhum e de quatro níveis ocorreram em apenas 14% e 4% da área, respectivamente.

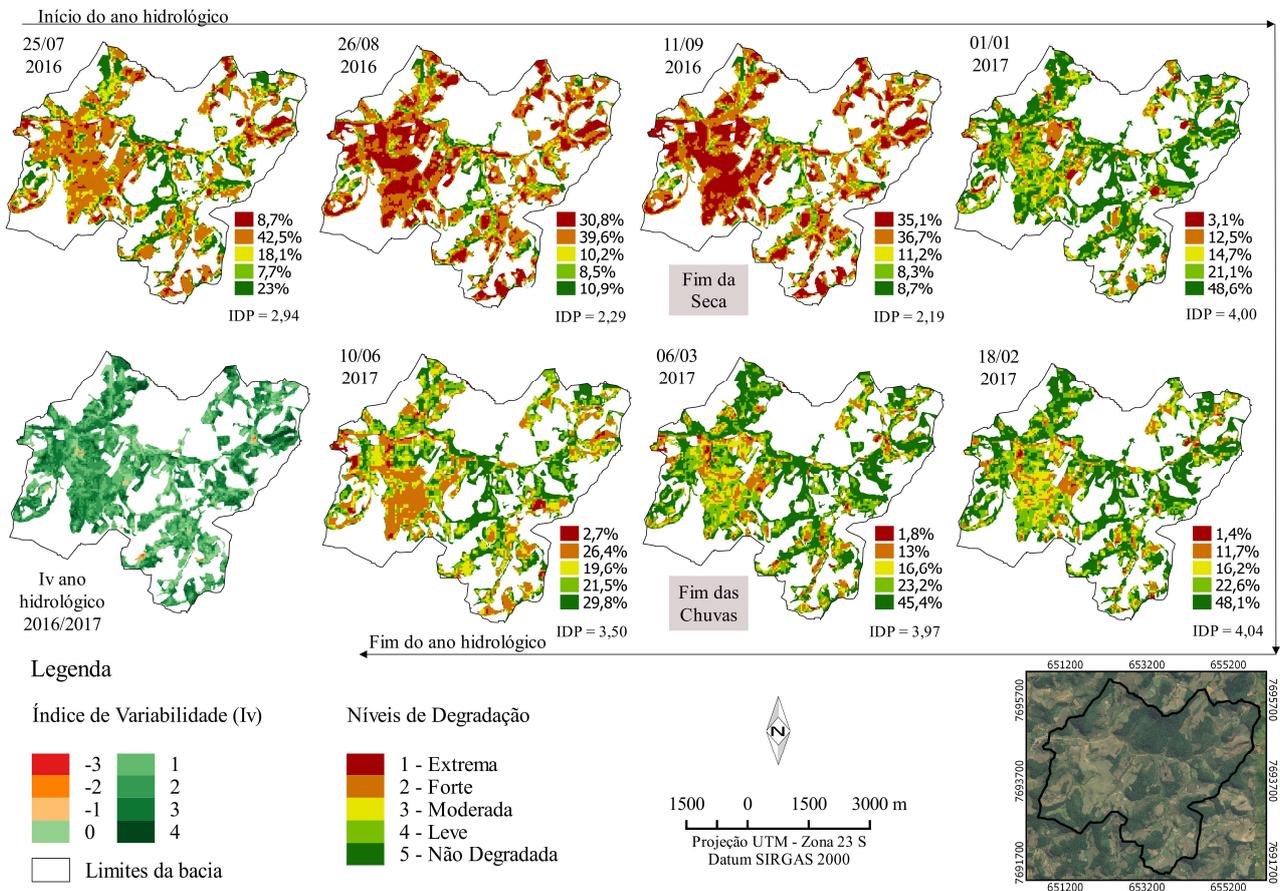


Figura 3. Ocorrência (%) e dinâmica anual dos níveis de degradação das pastagens na bacia do córrego Dornelas.
Figure 3. Occurrence (%) and annual dynamics of pasture degradation levels in Dornelas stream basin.

Tabela 2. Caracterização das pastagens presentes na bacia do córrego Dornelas.
Table 2. Characterization of present pastures in Dornelas stream basin.

Nível de Degradação	Intervalo de Vc equivalente	Caracterização	Exemplo visual
1 – Extrema	$\leq 45\%$	Grandes ou numerosas manchas de solo exposto. Pouca ou nenhuma cobertura vegetal, que é rala e/ou morta, com baixa altura de dossel. Erosão muito intensa, em forma de sulcos, ravinamento, laminar ou uma combinação dessas.	
2 – Forte	45 – 63,5%	Manchas de solo exposto pequenas a médias, e comuns. Cobertura vegetal moderada e de baixo vigor, boa parte morta ou amarela e com baixa altura de dossel. Erosão forte, geralmente laminar ou em sulcos rasos a profundos.	
3 – Moderada	63,5 – 71%	Manchas de solo exposto pequenas e esparsas. Cobertura vegetal moderada, com vigor moderado, apresentando baixa a média altura de dossel. Erosão em diferentes graus, mas sem a formação de grandes sulcos ou ravinamento.	
4 – Leve	71 – 77,5%	Manchas de solo exposto raras e pequenas. Boa cobertura vegetal, bom vigor e altura de dossel variável. Erosão identificável, mas sempre em grau leve.	
5 – Não Degradada	$\geq 77,5\%$	Manchas de solo exposto ausentes. Cobertura vegetal sobre todo o solo, alto vigor e grande altura de dossel. Erosão não aparente. Algumas vezes identificadas em consórcio com espécies arbóreas e arbustivas nativas, formando sistemas silvipastoris naturais.	

374

No período de julho a setembro, houve conversão de níveis de baixa degradação a níveis de degradação elevada, enquanto no início do período chuvoso, entre setembro e janeiro, essa tendência foi invertida (Figura 4). Os resultados obtidos foram condizentes com observações em campo e relatos dos agricultores. Portanto, a metodologia de avaliação foi considerada satisfatória.

Todos os resultados sugeriram que degradação da pastagem e precipitação são correlacionadas. Por isso, foram ajustadas regressões entre médias históricas de precipitação e ocorrência dos níveis de degradação. Médias históricas mensais não produziram regressões significativas, mas regressões entre dados de precipitação histórica trimestral

resultaram em equações muito significativas, via ANOVA. As regressões para os níveis 2, 4, 5 e o IDP foram quadráticas, enquanto o nível 1 apresentou comportamento potencial (Figura 6). O nível 3 não apresentou ajuste significativo, por se tratar de um nível de transição entre estados de degradação. Sua ocorrência foi relativamente constante ao longo do ano. Os modelos ajustados indicaram que o maior IDP (4,30) e a maior abrangência de pastagens sem sinais de degradação (52,37%) ocorrem em precipitações trimestrais de 286 e 292 mm, respectivamente (Figura 6).

Quanto à qualidade das pastagens, a classe “ruim” foi modal. Apenas 41,9% das pastagens apresentaram qualidade adequada (boa ou excelente) (Figura 5). O IQP médio

encontrado foi igual a 11,4. Como esse valor equivale às pastagens classe 3 (Tabela 1), as pastagens presentes na bacia do córrego Dornelas apresentaram, em média, qualidade moderada.

Observações em campo e padrões visuais do mapeamento digital permitiram a identificação de duas características marcantes das pastagens na localidade. A primeira característica foi a ocorrência de um padrão topossequencial de distribuição da degradação e qualidade das pastagens. A tendência observada foi de que pastagens de alta qualidade e baixos níveis de degradação ocorrem em terrenos de cota altimétrica reduzida e em topos de morro aplainados (menor frequência), enquanto pastagens degradadas e de baixa qualidade frequentemente ocorrem em locais elevados e declivosos (Figura 7B e C).

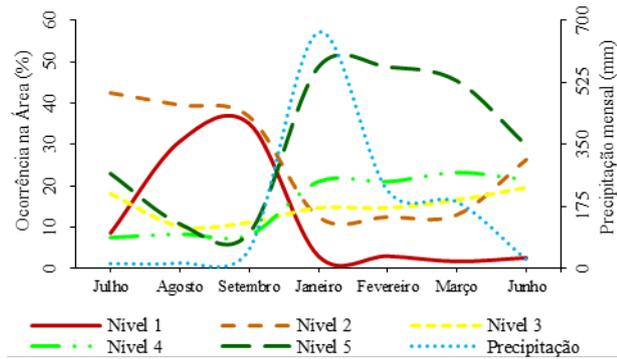


Figura 4. Variabilidade dos níveis de degradação das pastagens ao longo do ano hidrológico 2016/2017.
Figure 4. Variability of degradation levels in pastures in the 2016/2017 hydrological year.

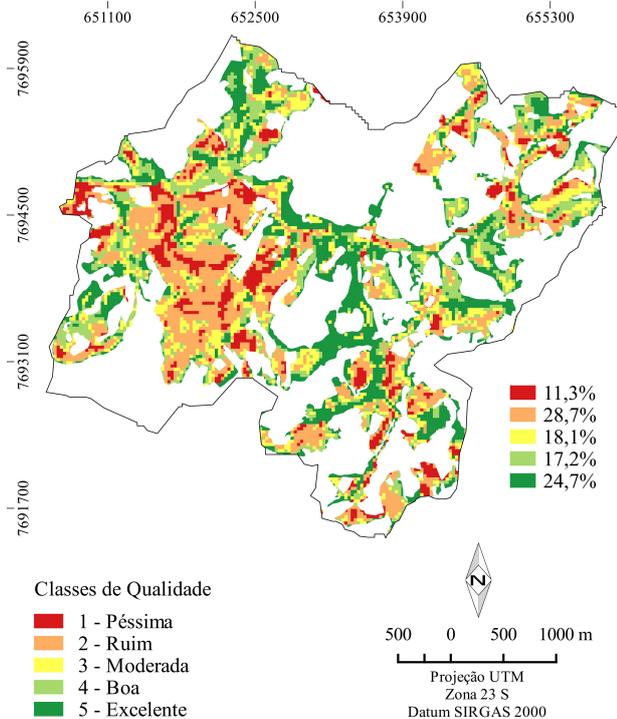


Figura 5. Qualidade das pastagens na bacia do córrego Dornelas.
Figure 5. Pasture quality in Dornelas stream basin.

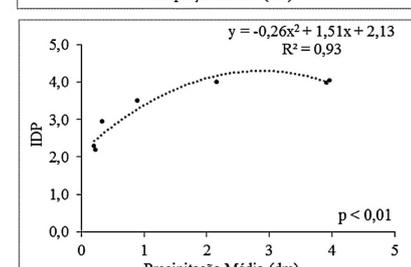
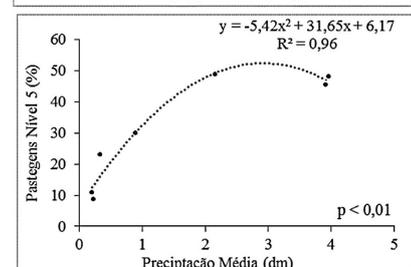
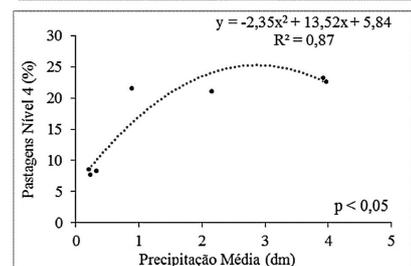
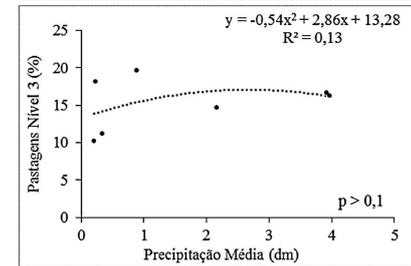
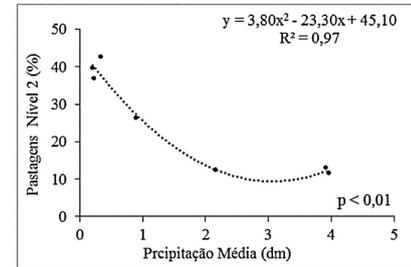
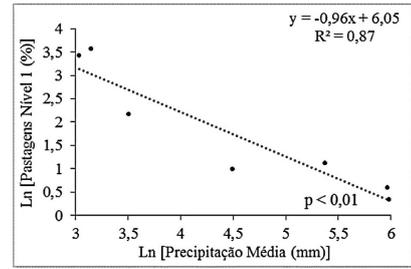


Figura 6. Relação entre níveis de degradação/IDP e precipitação histórica trimestral (precipitação média nos 90 dias anteriores à data da imagem, calculada por média ponderada do número de dias em cada mês utilizando-se os dados da Figura 1).
Figure 6. Relationship between degradation levels/IDP and historical trimestral precipitation (average precipitation in the past 90 days, regarding the day the image was taken, calculated regarding the number of days in each month, considering the data in Figure 1).

A segunda característica foi o efeito positivo do consórcio entre gramíneas e algumas árvores nativas espalhadas pela pastagem. Visualmente, gramíneas apresentaram maior vigor, biomassa e altura quando próximas à essas árvores, desde que sem sombreamento excessivo (Figura 7A). Os casos observados ocorreram pontualmente e ao acaso.

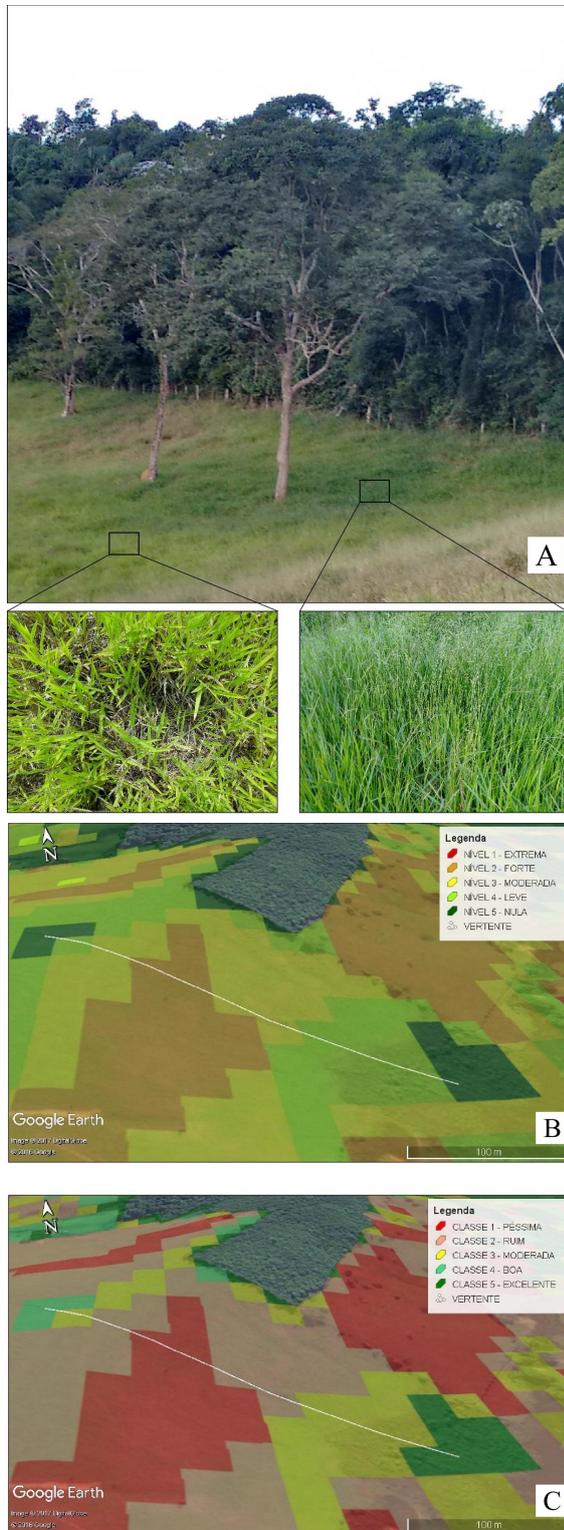


Figura 7. Maior vigor da pastagem em consórcio com árvores nativas (A), topossequencialidade dos níveis de degradação (B) e classes de qualidade (C) das pastagens na bacia.

Figure 7. Major strength of pasture, gathered with local trees (A), topossequenciality of degradation levels (B) and quality levels (C) of pastures in the basin.

4. DISCUSSÃO

As práticas de manejo da pastagem identificadas expõem a forma extrativista com que pastagens extensivas são exploradas na região: não há qualquer reposição dos recursos extraídos durante o processo produtivo. A ausência de práticas conservacionistas faz com que a pastagem esteja condicionada à disponibilidade natural de água e nutrientes ao longo do ano.

Amaral et al. (2004) mostraram que, na escala de mapeamento de 1:1.000.000, terras da bacia são aptas apenas à silvicultura e pastagens naturais, e de maneira restrita. A baixa aptidão agrícola advém dos solos extremamente intemperizados e empobrecidos. Segundo Schaefer (2013), as maiores restrições de fertilidade ocorrem especialmente em regiões elevadas, côncavas e declivosas, onde estão presentes cambissolos latossólicos facilmente erodíveis e com baixa capacidade de suprimento de água, devido ao seu estreito horizonte Bi. Já nos topos de morro, latossolos argilosos de estrutura microgranular e relevo aplainado possibilitam menores perdas de solo, matéria orgânica e água, apesar de serem pobres em nutrientes. Entretanto, em escala detalhada é possível identificar compartimentos geomorfológicos onde existem terras com maior disponibilidade de recursos, como várzeas, terraços fluviais e terços inferiores das encostas (áreas de baixa cota altimétrica). Essas terras apresentam fertilidade natural relativamente alta e menor déficit hídrico nos períodos de seca (SCHAEFER, 2013). Tal configuração pedogeomorfológica explica satisfatoriamente a tendência topossequencial na distribuição das classes de qualidade e níveis de degradação das pastagens, visto que o desenvolvimento destas está condicionado apenas à disponibilidade natural de recursos (Figura 7B e C). No entanto, estudos futuros que abordem essa tendência via análises quantitativas são recomendados, de modo a obter uma conclusão definitiva a respeito desses padrões.

A variabilidade observada nos níveis de degradação foi consistente com a precipitação histórica na região. Analisando-se as Figuras 3 e 4, ficou clara a relação entre degradação e precipitação: o grau de degradação aumentou ao longo do período seco e diminuiu drasticamente dos meados até o final do período chuvoso (janeiro a março). Houve estabilidade dos níveis de degradação entre os meses com precipitação elevada, mas o grau de degradação aumentou muito a partir de meados do período seco. Esse aumento resultou da conversão de parte das pastagens de todos os níveis de degradação a níveis de degradação mais elevada, principalmente ao nível 1. As maiores mudanças foram observadas nos níveis de degradação forte e extrema: frequentes no final do período seco e raros no final do período úmido. O grande aumento de pastagens extremamente degradadas no mês de setembro esteve relacionado tanto à redução intensa de biomassa verde quanto à redução da cobertura vegetal total. Nos meses chuvosos, apesar de ter ocorrido expressiva diminuição no IDP, pouco mais da metade das pastagens ainda apresentaram algum grau de degradação. Esses resultados estão em conformidade com os resultados obtidos por Hott et al. (2016), que encontraram indicativos de alta degradação e taxas de crescimento muito baixas para pastagens durante meses secos na Zona da Mata – MG (região que engloba a bacia do córrego Dornelas).

O comportamento quadrático encontrado para as equações ajustadas entre ocorrência dos níveis de degradação/IDP e precipitação (Figura 6) é concordante com

os resultados obtidos por Dantas et al. (2016). Os autores ajustaram modelos quadráticos semelhantes aos obtidos neste trabalho, ao estudarem aplicação de lâminas crescentes de água sobre pastagens de *U. brizantha* e avaliarem sua produtividade (matéria seca) no período outono/inverno. A produtividade encontra pelos autores foi incrementada em até 288%, quando aplicadas lâminas de 267 e 269 mm para outono e inverno, respectivamente. Por outro lado, o comportamento potencial do nível de degradação extrema encontrado no presente trabalho sugere que aumentos na precipitação trimestral tendem sempre a reduzir a área de pastagens com degradação extrema (Figura 6). Dessa forma, o uso de sistemas de irrigação pode oferecer melhorias na qualidade das pastagens na região, mas o custo dos equipamentos é um fator limitante, tendo em vista as condições socioeconômicas na localidade. Outro fator limitante é a disponibilidade hídrica na bacia, que pode não suprir a demanda de água para irrigação no período seco.

O fato de as pastagens se correlacionarem bem apenas com médias trimestrais dos dados históricos sugere que os processos de degradação/recuperação são graduais e bastante lentos ao longo do ano, e dependem fortemente de um período estável e seca/umidade para sua completa expressão na cobertura vegetal das pastagens. Os níveis de degradação não foram comparados com a precipitação real para o período analisado porque esses dados não estão disponíveis, uma vez que a estação pluviométrica utilizada por Leite et al (2007) foi desativada. Sugere-se a repetição dessa análise de regressão em outras localidades e utilizando-se dados de precipitação real para o período analisado, em estudos futuros.

Em resumo, a variabilidade dos níveis de degradação foi alta e ocorreu no sentido de diminuição da degradação nos períodos de maior umidade. A explicação para esse comportamento é que além de atender à necessidade fisiológica, a umidade no solo propicia maior disponibilidade de nutrientes para as plantas (OLIVEIRA et al., 2010). As pequenas áreas que apresentaram aumento da degradação no final período chuvoso em relação ao final do período seco ($I_V < 0$, Figura 3) tem duas naturezas: ou são áreas em processo de degradação, onde há grande perda de solo devido a erosão hídrica por chuvas intensas, ou são áreas em que ocorre forte sedimentação de partículas provenientes da erosão. Nos dois casos, o aumento da exposição do solo/sedimentos diminui o valor do NDVI a valores positivos próximos de zero (ROUSE et al., 1973), e consequentemente o valor de V_c , gerando aumento nos níveis de degradação.

A partir desses resultados foi proposto o IQP e suas faixas equivalentes a cada classe de qualidade. A qualidade das pastagens se mostrou em média moderada, pois apesar de a classe mais frequente ter sido a “ruim” (28,7%), a classe “excelente” abrangeu 24,7% da área da bacia, e nenhuma das outras classes foi predominante. Entretanto, é notável a condição insatisfatória das pastagens, tendo em vista que as classes de qualidade “ruim” e “péssima” somaram 40% da área destinada à pecuária na bacia (Figura 5).

Os resultados encontrados mostram grande déficit na oferta de forrageira, que leva a uma grande instabilidade da capacidade produtiva das propriedades. Agricultores afirmaram que a alta variabilidade e baixa qualidade das pastagens acarretam na necessidade de complementação na alimentação dos animais nos períodos críticos, aumentando

os custos de produção. Se não suprida, a carência de alimentos leva à redução/interrupção da produção de carne e leite e à alta mortalidade de animais, conforme relatos.

Como pastagens ocupam 50% da área total e representam 83% das áreas cultivadas da localidade, o quadro apresentado tem repercutido na dinâmica socioeconômica e no meio físico na região. Houve relatos de que o abandono de terras e do meio rural é um problema crônico, e que trabalho árduo e pouco remunerado, baixa rentabilidade e falta de perspectivas são as principais causas da migração de agricultores, principalmente jovens, para os centros urbanos. Os agricultores também apontaram impactos ambientais severos que podem facilmente ser associados às condições apresentadas. Entre os impactos citados, destacam-se: empobrecimento do solo; desaparecimento de nascentes ou diminuição de suas vazões; desregularização da vazão dos rios; assoreamento intensificado de cursos d'água; e diminuição da população e diversidade de peixes. Leite et al. (2007) também relataram problemas ambientais, entre eles: redução progressiva de vazões no período seco, má qualidade da água e infecções por doenças relacionadas ao despejo de dejetos humanos e animais nos cursos d'água.

Assim sendo, a situação da pecuária na bacia é precária, sendo insustentável tanto socioeconomicamente quanto ambientalmente, e as limitações naturais (como altas declividade e solos pobres) dificultam ações de recuperação tradicionais, por torna-las econômica e tecnicamente inviáveis. Apesar desse dilema, há alternativas possíveis no controle e reversão desse quadro. Primeiramente, é essencial que no processo de transição para uma agropecuária de maior sustentabilidade haja a suspensão das práticas de uso do fogo e monocultura de forrageiras. Turetta et al. (2016), estudando áreas na caatinga, cerrado e mata atlântica, mostraram que o abandono dessas práticas é o critério de gestão de agroecossistemas de maior potencial no aumento na prestação de serviços ambientais pelo setor agropecuário. Rocha Junior et al. (2017a) também relataram altas perdas de solo, água e nutrientes em pastagens de *U. brizantha* manejadas com uso do fogo; reconheceram que o manejo de pastagens cultivadas no bioma Mata Atlântica deve ser reformulado, e recomendam aplicação de práticas edáficas conservacionistas e correção da fertilidade dos solos como manejo adequado para essas pastagens.

Algumas experiências de manejo alternativo da terra em regiões de Mata Atlântica têm se mostrado eficientes no sentido de viabilizar uma agropecuária de maior sustentabilidade (SOUZA et al., 2012). No município de Araponga - MG o uso de sistemas de baixo custo e manejo sustentável, como sistemas agrosilvipastoris ecologicamente manejados e sistemas agrofloretais, possibilitou ganhos tanto socioeconômicos quanto ambientais (CARNEIRO et al., 2017). Muitos outros estudos realizados no bioma Mata Atlântica mostram a potencialidade de sistemas silvipastoris e agrofloretais ricos em espécies arbóreas nativas atuarem no aumento sustentabilidade da agropecuária. Dentre os benefícios encontrados, estão: melhora na qualidade e fertilidade dos solos, via ciclagem e aporte de nutrientes (JARAMILLO-BOTERO et al., 2008; DUARTE et al., 2013) e aumento dos teores de carbono no solo (THOMAZINI et al., 2015); e maior conforto térmico e disponibilidade de água no solo, via sombreamento e redução da temperatura (SOUZA et al., 2011), o que melhora a produtividade das

pastagens e animais (FERREIRA et al., 2011). Como observou-se pontos isolados onde a associação de leguminosas arbóreas nativas com as gramíneas já propicia melhoras significativas no vigor e coloração das pastagens (Figura 7), entende-se que a estratégia de implementação de sistemas agroecológicos silvipastoris possui viabilidade, a depender do interesse dos agricultores. É necessário que os sistemas implantados apresentem alta diversidade de espécies arbóreas, o que possibilita melhores ciclagem e disponibilidade de nutrientes essenciais para as culturas (DUARTE et al., 2013).

É imprescindível que a implantação desses ou quaisquer outros agroecossistemas de produção ocorra de forma coletiva e integre o conhecimento popular local. Os agricultores familiares devem participar de todas etapas e atividades promovidas, com subsequente sistematização do conhecimento construído. Caso contrário, a consolidação das práticas conservacionistas pode ser comprometida, por não contemplar interesses locais e globais, acabando também por não cumprir suas funções ecológicas (SOUZA et al., 2012).

5. CONCLUSÕES

Observações de campo e relatos de agricultores confirmaram que pastagens da Zona da Mata mineira são pobremente manejadas. Apenas roçagem e ateio de fogo são práticas recorrentes. Pousio e piqueteamento são utilizados esporadicamente, mas de maneira inadequada. Também foram observadas práticas de implementação inadequada, dentre elas aragem e gradagem no sentido da maior declividade dos morros. A irrigação não é praticada na região, e as pastagens são predominantemente formadas por *U. brizantha*.

As pastagens apresentam, em média, qualidade moderada e níveis de degradação elevados. Os níveis de degradação oscilam condicionados pela precipitação ao longo do ano, e tendem a aumentar no período seco e diminuir no período chuvoso. Essas oscilações ocorrem de forma quadrática, para o IDP e níveis de degradação de 2 a 5, e de forma potencial, para o nível de degradação extrema (nível 1). Esse comportamento sugere que a irrigação pode propiciar melhorias na qualidade das pastagens, caso sua implementação seja viável.

O fato de as pastagens se correlacionarem bem apenas com médias trimestrais dos dados históricos sugere que os processos de degradação/recuperação são graduais e bastante lentos ao longo do ano, dependendo fortemente de um período estável de seca/umidade para sua efetividade.

Há uma tendência topossequencial na distribuição das classes de qualidade e níveis de degradação, que pode ser explicada pelas interações pedogeomorfológicas da região e pelo baixo nível de manejo dos sistemas pastoris. Sugere-se realização de estudos para melhor compreender a associação entre relevo e pastagens, o que permitirá aprimorar o manejo de pastagens e diminuir os impactos negativos sobre o ambiente.

Tendo em consideração as características socioeconômicas e ambientais locais, sugere-se a adoção de sistemas silvipastoris agroecológicos no manejo da pastagem, de modo a amenizar os problemas socioambientais encontrados. Dentre esses problemas, destacam-se: empobrecimento do solo; desaparecimento de nascentes ou diminuição de suas vazões; desregulização da vazão dos

rios; assoreamento intensificado de cursos d'água; e diminuição da população e diversidade de peixes.

6. AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores do CRRH – DEA – UFV, do LABGEO – DPS – UFV, e aos agricultores familiares do distrito de Rio Melo, município de Rio Espera – MG, que muito contribuíram para o desenvolvimento do presente trabalho. O primeiro autor agradece à E.E. MFMF, por sua formação básica, e à Nina, por lhe despertar o interesse à ótica geográfica das coisas.

7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D. A.; MELLO, M. P.; NOGUEIRA, S. F.; GONÇALVES, F. G.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. MODIS Time Series to Detect Anthropogenic Interventions and Degradation Processes in Tropical Pasture. **Remote Sensing**, v. 9, n. 1, p. 73, 2017. DOI: 10.3390/rs9010073
- AMARAL, F. C. S. **Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais**. Embrapa Solos, 2004. 95p.
- ANDRADE, R. G.; RODRIGUES, C. A. G.; SANCHES, I. D.; TORRESAN, F. E.; QUARTATOLI, C. F. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 234-243. DOI: 10.13083/1414-3984.v21n03a02
- BRUNO, L. O. GRASS: A free and open source solution for hydrographic body analysis. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 24-30, jan/fev. 2017. DOI: 10.5935/2318-7670.v05n01a04
- CARNEIRO, J. J.; CARDOSO, I. M.; SILVA, A. L. M. S.; FERRARI, L. T.; PONTES, L. M.; FERNANDES, R. B. A.; CARVALHO, A. F.; FERNANDES FILHO, E. I. Agricultores Afirmam: Água Aumenta Com Transição Agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 12, n. 1, p. 052-058, 2017.
- DANTAS, G. F.; FARIA, R. T.; SANTOS, G. O.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F. Produtividade e qualidade da brachiaria irrigada no outono/inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 469-481, 2016. DOI: 10.1590/1809-4430.
- DUARTE, E. M. G.; CARDOSO, I. M.; STIJNEN, T.; MENDONÇA, M. A. F. C.; COELHO, M. S.; CANTARUTTI, R. B.; KUYPER, T. W.; VILLANI, E. M. A.; MENDONÇA, E. S. Decomposition and nutrient release in leaves of Atlantic Rainforest tree species used in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 4, p. 835-847, 2013. DOI: 10.1007/s10457-013-9600-6
- FERREIRA, L. C. B.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HOETZEL, M. J.; LABARRÈRE, J. G. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão das fezes dos bovinos nas pastagens. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p. 137-146, 2011.
- FLEISS Joseph L. **Statistical methods for rates and proportions**. New York: John Wiley, 1981. p 212-236.
- FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O'CONNELL, C.; RAY, D. K.; WES, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTRÖM, J.; SIEBERT, S.; TILMAM, D.; ZAKS, D. P. M. Solutions for a cultivated

- planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337-342, 2011. DOI: 10.1038/nature10452
- GALDINO, S.; SANO, E. E.; ANDRADE, R. G.; GREGO, C. R.; NOGUEIRA, S. F.; BRAGANTINI, C.; FLOSI, A. H. G. Large-scale Modeling of Soil Erosion with RUSLE for Conservationist Planning of Degraded Cultivated Brazilian Pastures. **Land Degradation & Development**, v. 27, p. 773-784, 2015. DOI: 10.1002/ldr.2414
- GAO, Q.; LI, Y.; WAN, Y.; LIN, E; XIONG, W.; JIANGCUN, W.; WANG, B.; LI.W. Grassland degradation in Northern Tibet based on remote sensing data. **Journal of Geographical Sciences**, v. 16, n. 2, p. 165-173, 2006. DOI: 10.1007/s11442-006-0204-1
- HOTT, M. C.; CARVALHO, L. M. T.; ANTUNES, M. A. H.; SANTOS, P. A.; ARANTES, T. B.; RESENDE, J. C.; ROCHA, W. S. D. Vegetative growth of grasslands based on hyper-temporal NDVI data from the Modis sensor. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 858-868, jul. 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000700009
- JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; FARDIM, M. P.; PONTES, T. M.; SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008. DOI: 10.1590/S0100-67622008000500012
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, p. 159-174, mar. 1977. DOI: 10.2307/2529310
- LEITE, M. G. P.; FUJACO, M. A. G.; BARCELOS, E. A. S.; GONÇALVES, G. H. T.; IGREJA, F. F. Environmental analysis of small rural catchments case study: Melo Creek–MG/Brazil. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 18, n. 6, p. 711-722, 2007. DOI 10.1108/14777830710826720
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis. **Island, Washington, DC**, 2005.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853, 2000. DOI: 10.1038/35002501.
- OLIVEIRA, E. M. M.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ, V. H.; FERREIRA, P. A.; COSTA, F. O.; ALMEIDA, I. C. C. Nutrient supply by mass flow and diffusion to maize plants in response to soil aggregate size and water potential. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 317-328, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000200005
- ROCHA JUNIOR, P. R.; ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; DONAGEMMA, G. K.; FERNANDES, R. B. A.; BHATTARAI, R.; KALITA, P. K. (a) Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome. **Science of The Total Environment**, v. 583, p. 53-63, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.187
- ROCHA JUNIOR, P. R.; DONAGEMMA, G. K.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R.; COSTA, A. S. V.; RUIZ, H. A. (b). Field-based quality indicators in degraded pasture of the Atlantic forest biome. **Australian Journal of Crop Science**, p. 652-661, 2017. DOI: 10.21475/ajcs.17.11.06.p326
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, **Third ERTS Symposium**, NASA SP-351 I, 309- 317, 1973.
- SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C.; SILVA, A. P. M.; LUEDEMANN, G. **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios**. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2012.
- SCHAEFER, C. E. G. R. Bases físicas da paisagem brasileira: estrutura geológica, relevo e solos. **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, p. 1-69, 2013.
- SIEGEL S, CASTELLAN N. **Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1988. p 284-285.
- SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; MENDONÇA, E. S.; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, G. B.; GJORUP, D. F.; BONFIM, V. R. Learning by doing: a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry systems, with an example of its application. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 2, p. 247-262, 2012. DOI: 10.1007/s10457-012-9498-4
- SOUZA, H. N.; GOEDE, R. G.M.; BRUSSAARD, L.; CARDOSO, I. M.; DUARTE, E. M. G.; FERNADES, R. B. A. F.; GOMES, L. C.; PULLEMAN, M. M. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 146, n. 1, p. 179-196, 2012. DOI: 10.1016/j.agee.2011.11.007
- THOMAZINI, A; MENDONÇA, E. S. CARDOSO, I. M.; GARBIN, M. L. SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. **Geoderma Regional**, v. 5, p. 15-24, 2015. DOI: 10.1016/j.geodrs.2015.02.003
- TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 50, p. 20260-20264, 2011. DOI:10.1073/pnas.1116437108
- TURETTA, A. P. D.; TONUCCI, R.; MATTOS, L. M.; AMOARO, G.; BALIEIRO, F. C.; PRADO, R. B.; SOUZA, H. A.; OLIVEIRA, A. P. An approach to assess the potential of agroecosystems in providing environmental services. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1051-1060, set. 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000900004