

ANÁLISE COMPARATIVA DA SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA DO ENTORNO DE ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS.

Mayra Cristina Prado de Moraes¹

Dayana Almeida¹

Eliziane Carla Scariot¹

Angela Terumi Fushita¹

Rodrigo Rufino dos Reis¹

José Eduardo dos Santos¹

¹ Universidade Federal de São Carlos- UFSCar

Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental- LAPA

Rodovia Washington Luís, Km 235 - SP 310, 13565-905- São Carlos – SP, Brasil

mayracpmoraes@gmail.com

almeida.dds@gmail.com

liziscariot@gmail.com

angela_fushita@yahoo.com.br

rodrigorufinoreis@gmail.com

djes@ufscar.br

Abstract. It was carried out a comparative analysis of the ecological sustainability's condition, referring to the 2011 scenario, between the 10 km surrounding from three National Forests, resulting from interactions between anthropogenic and natural systems through the use of an structural indicator landscape, the Urbanity Index (UI). The UI is an indicator of natural landscape loss. The surrounding's scenario found for Irati, Três Barras and Passo Fundo FLONAs, showed an increased loss of naturalness as a result of anthropogenic actions, at regional and local scale. The values of UI was statistically significant and showed a gradient of ecological sustainability commitment from Paraná to Rio Grande do Sul regions, respectively. The UI was a sensitive indicator for monitoring and diagnosis the ecological sustainability scenarios for the three FLONAs landscape surrounding as a result of development actions reflected by land use changes. Scenarios projected for 2011 suggest that the presence and continuity of natural vegetation fragments in the FLONAs landscape surrounding areas can provide and assure many other ecosystemic services to human well-being.

Key-words: land use, landscape structural indicator, image processing, landscape scenarios, uso da terra, indicador estrutural da paisagem, processamento de imagens, cenários da paisagem.

1. Introdução

As atividades antrópicas vêm projetando cenários de declínio da biodiversidade para o século XXI, remetendo a elaboração dos mesmos como uma ferramenta efetiva para avaliar as consequências do desenvolvimento socioeconômico na conservação da biodiversidade e na continuidade dos serviços ecossistêmicos (Pereira et al., 2010). De modo geral, os cenários apresentados refletem a intensidade da dinâmica dos usos da terra como uma das principais forças motrizes de mudanças nos ecossistemas (Costa et al., 2007).

Embora o desenvolvimento tecnológico tenha contribuído para o aumento na produção de alimentos durante os últimos 50 anos, a intensificação do uso da terra em termos da conversão de habitats naturais em áreas agropecuárias vem sendo considerada como uma das principais formas de impacto ambiental. Particularmente, este tipo de uso e cobertura da terra tem sido relacionado com as modificações das interações bióticas e a disponibilidade dos recursos nos ecossistemas (Ellis e Ramankutty, 2008; Foley, 2005), com as alterações na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (Vitousek et al., 1997), com o comprometimento das dos “bens e serviços” proporcionados pelos ecossistemas naturais (De Groot, 2013), com a

fragmentação e o empobrecimento ecológico da paisagem (Galetti et al., 2010), além de problemas ambientais relacionados às alterações climáticas global, regional e local (Rockström et al., 2009; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Achard et al., 2000).

Apesar do sucesso de algumas tentativas locais para reverter o processo de perda da biodiversidade, relacionadas principalmente ao aumento da extensão de áreas protegidas, ao manejo de florestas sustentáveis, às diretrizes para o controle de espécies exóticas, e ao aumento de recursos para a biodiversidade, a taxa de perda não aparenta estar reduzindo (Butchart et al, 2010). Cenários globais de usos da terra evidenciam, particularmente, para as últimas décadas, a redução de áreas florestais tropicais e subtropicais decorrentes do desmatamento extensivo das mesmas, prejudicando a sustentabilidade ecológica do sistema (Pereira et al., 2010).

O uso de indicadores estruturais da paisagem surge (Renetzeder et al., 2010; Peterseil et al., 2004) como uma ferramenta essencial para diagnosticar a condição da sustentabilidade ecológica da paisagem, principalmente em estudos de diagnóstico do entorno de áreas naturais protegidas, por facilitarem o monitoramento e o diagnóstico das interações entre os sistemas antrópicos e naturais ao longo do tempo (Haberl et al., 2004).

Este trabalho realizou a análise comparativa da condição da sustentabilidade ecológica resultante das interações entre os sistemas antrópicos e naturais, através da utilização de um indicador estrutural da paisagem, entre as áreas do entorno de três Unidades de Conservação, referente ao cenário de 2011.

2. Metodologia de trabalho

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende o entorno de três Florestas Nacionais (FLONA) da região Sul do Brasil: Floresta Nacional de Irati (Teixeira Soares e Fernandes Pinheiro, PR); Floresta Nacional de Três Barras (Três Barras, SC), e Floresta Nacional de Passo Fundo (Mato Catelhana, RS) (**Figura 1**). A delimitação da área de entorno contemplou um raio de 10 km, que remete à extensão da Zona de Amortecimento de cada FLONA (Perello et al, 2012).

2.2. Procedimentos metodológicos

Com base em imagens LandSat 5 sensor TM de 2011, composição em falsa cor (R5G4B3), resolução de 30 metros, sendo a órbita 221, ponto 77 para o entorno da FLONA de Irati (FLONA-IR), órbita 221, ponto 78 para a FLONA Três Barras (FLONA-TB) e órbita 222, pontos 79 e 80 para a FLONA de Passo Fundo (FLONA-PF), foram efetuadas a classificação e mapeamento dos tipos de uso e cobertura da terra. A classificação dos tipos de uso e cobertura da terra em um nível hierárquico básico, envolvendo as classes: áreas naturais, áreas antrópicas agrícolas, áreas antrópicas não-agrícolas e ambientes aquáticos (IBGE, 2013), foi obtida com base na interpretação do caráter visual e vetorização dos dados orbitais em escala 1:50.000, no software ArcGIS. Foram realizadas saídas de campo para conferir e verificar a verdade terrestre. Todas as imagens foram tratadas e processadas no software ENVI.

A análise comparativa da condição da sustentabilidade ecológica entre as regiões do entorno das FLONAS de Irati, de Três Barras, e de Passo Fundo foi efetuada através do Índice de Urbanidade (IB) que representa um indicador da perda da naturalidade da paisagem, e expressa a extensão pela qual a paisagem natural vem sendo substituída pelos sistemas antrópicos (O'Neill et al., 1988; Wrbka et al., 2004). Esta abordagem pressupõe que a

relevância dos impactos ambientais resultantes dos tipos de usos da terra está associada à vulnerabilidade e suscetibilidade dos componentes ambientais (vegetação natural e recursos hídricos).

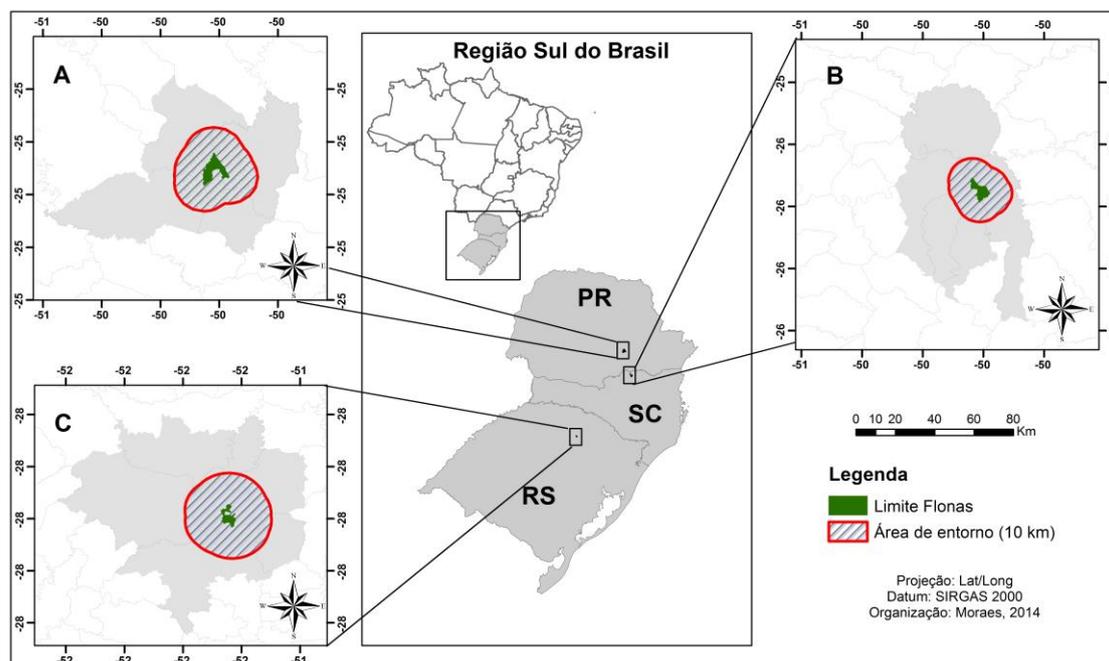


Figura 1. Localização da área de estudo, evidenciando as áreas de entorno (10 km) para (A) Floresta Nacional de Irati (PR); (B) Floresta Nacional de Três Barras (SC) e (C) Floresta Nacional de Passo Fundo (RS), região Sul do Brasil.

O IB é definido como:

$$IB = \log_{10} (U + A) / (F + W)$$

onde:

- U: Corresponde à extensão de área urbana;
- A: Corresponde à extensão de área agrícola;
- F: Corresponde à extensão de área de vegetação natural;
- W: Corresponde à extensão dos corpos hídricos.

A representação espacial do IB foi obtida com base módulo DISTANCE do SIG-IDRISI (EASTMAN, 1997), e reescalada com base na lógica difusa (FUZZY), de tipo linear [$y = f(x)$], com valores de 0 (zero) a 1 (um). Foi considerado como grau máximo de naturalidade (IB = 0), e como grau mínimo de naturalidade (IB = 1), correspondente a predominância de sistemas alterados pelo homem.

Para a análise estatística dos dados obtidos foi aplicada a análise multivariada permutacional de variância (PERMANOVA) (Anderson, 2005).

3. Resultados e Discussão

A perda da naturalidade da paisagem é um cenário fundamental para explicar a condição da sustentabilidade ecológica de uma paisagem. Neste contexto o IB evidencia a pressão das ações desenvolvimentistas pela intensificação das atividades antrópicas na paisagem com a substituição e perda dos sistemas suporte de vida.

A representação espacial dos valores do Índice de Urbanidade (IB), no ano de 2011, para as regiões do entorno (10 km) das FLONAs de Irati (PR), Três Barras (SC) e de Passo Fundo (RS) está apresentada na **Figura 2**. Esta espacialização evidencia um cenário associado a uma perda crescente de naturalidade das regiões de entorno das FLONAS dos estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, como resultado das ações desenvolvimentistas, locais e regionais, diferenciadas, no âmbito dos mesmos. Os valores médio de IB (0.41 FLONA-IR, PR), (0.48 FLONA-TB, SC) e (0.53 FLONA-PF, RS) se apresentam estatisticamente significativos ($p < 0,001$), corroborando com três cenários distintos, para 2011, de um gradiente de maior para menor condição de sustentabilidade ecológica, respectivamente, para as regiões em questão (**Figura 2**).

A condição de maior comprometimento da sustentabilidade ecológica da região do entorno da FLONA-PF, pode estar relacionada com a maior demanda de áreas para a expansão da agropecuária, enquanto que áreas remanescentes de vegetação natural situam-se restritas às proximidades dos cursos de água e em áreas declivosas de difícil acesso aos equipamentos agrícolas. Situação similar à observada as FLONAS de Irati e Três Barras.

A condição de maiores naturalidade e sustentabilidade ecológica foram observadas para a região do entorno da FLONA-Irati. A existência de áreas naturais legalmente protegidas (Estação Ecológica de Fernandes Pinheiro), além da Floresta Nacional de Irati, assegura a continuidade e manutenção de sistemas suporte de vida. Simultaneamente, as atividades econômicas regionais e locais estão associadas ao predomínio de propriedades rurais de base familiar e de uma pequena proporção de estabelecimentos rurais não familiares no entorno da FLONA.

A região do entorno da FLONA de Três Barras apresenta um cenário com valores de IB em uma condição intermediária de naturalidade, quando comparado às áreas de entorno das FLONAS de Passo Fundo e de Irati. Algumas áreas do entorno da FLONA com valores de IB menores que 0,2, estão associadas com áreas alagáveis e uma área protegida florestal sob custódia do Exército brasileiro. Outras áreas com maiores valores de IB (maior do que 0,5) estão relacionadas com a área urbana do município de Canoinhas, localizado a noroeste da FLONA de Três Barras (**Figura 2**). Valores similares de IB foram também observados para áreas com silvicultura no âmbito da FLONA. A silvicultura é um tipo de cobertura da terra com destaque na paisagem do entorno da FLONA de Três Barras e acompanha o cenário regional do Norte Catarinense, em que a mesma está inserida, correspondente a segunda região com maior produção madeireira do estado de Santa Catarina (IBGE, 2011).

A área do entorno da FLONA de Passo Fundo evidencia um cenário com as menores condições de naturalidade e de sustentabilidade ecológica com relação às outras duas FLONAS. Apresenta uma organização espacial com poucas áreas naturais remanescentes com valores de IB próximo a 0,1 (naturalidade máxima), simultâneo a muitas áreas com valores de IB entre 0,8 a 1,0 (naturalidade mínima) (**Figura 2**). O comprometimento da sustentabilidade ecológica da região do entorno da FLONA de Passo Fundo está relacionado com a intensificação e expansão da agropecuária. A região tem suas atividades agrícolas, preponderantemente, relacionadas com o cultivo alternado de soja, trigo e milho, e em menor escala, pela pecuária. A predominância das atividades agrícolas é favorecida pela fertilidade do solo (Streck et al., 2000), e pelo relevo, plano a ondulado. Características que tornam essa área uma das regiões de maior produtividade agrícola no estado do Rio Grande do Sul.

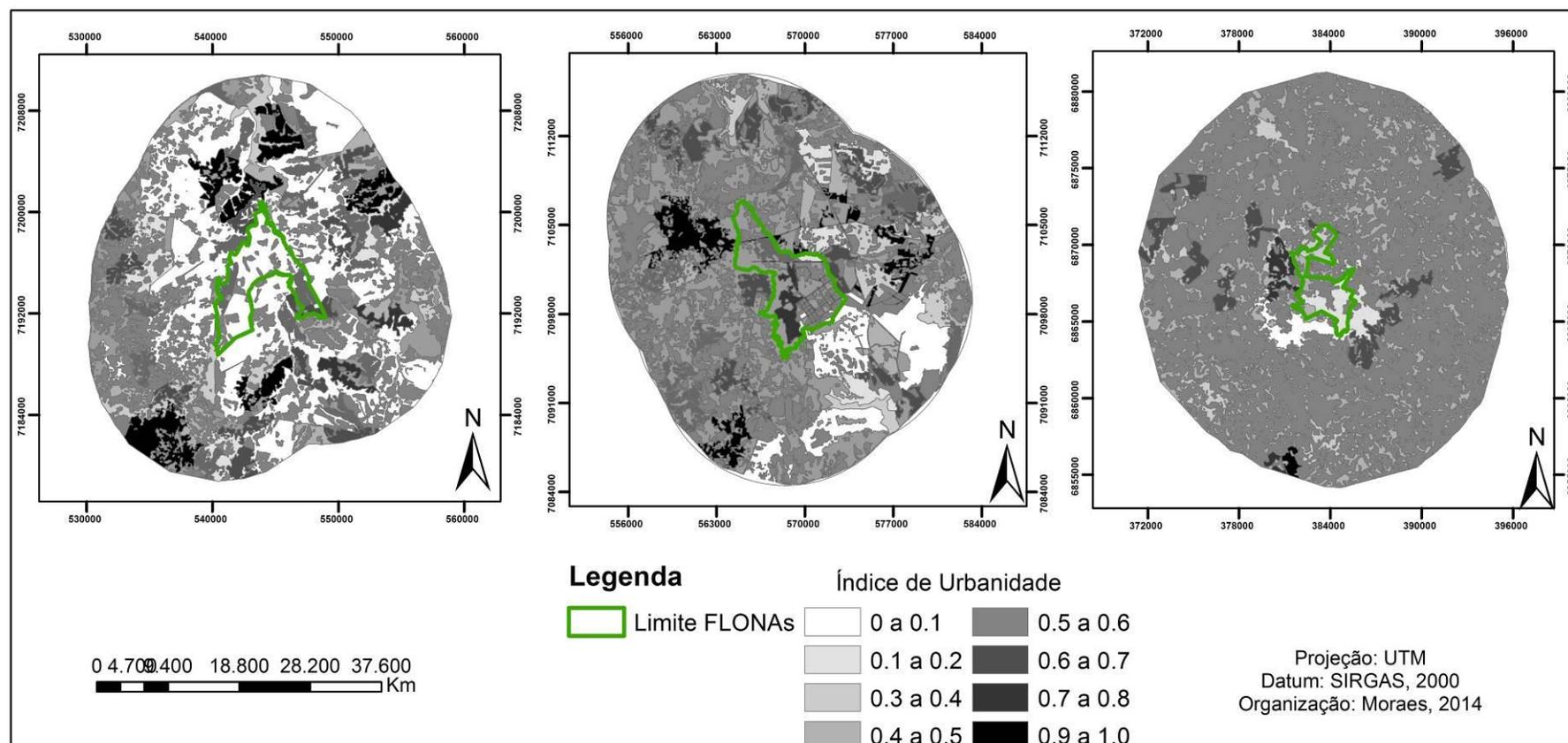


Figura 2. Representação espacial dos valores do Índice de Urbanidade (IB), no ano de 2011, configurando um gradiente decrescente de sustentabilidade ecológica, para as regiões do entorno (10 km), das FLONAs de Irati (PR), Três Barras (SC) e de Passo Fundo (RS).

4. Conclusões

O IB se apresenta como um indicador sensível para a análise comparativa, monitoramento e diagnóstico entre os cenários de sustentabilidade ecológica observados para a paisagem do entorno das três FLONAS, como resultado das ações desenvolvimentistas refletidas pelas mudanças dos usos e coberturas da terra. Revelou que a paisagem do entorno da FLONA de Irati tem a melhor condição de naturalidade e de sustentabilidade ecológica, seguida pelas FLONAS de Três Barras e de Passo Fundo.

A perda da naturalidade da paisagem é um parâmetro essencial para avaliar a condição da sustentabilidade ecológica de uma paisagem, principalmente por se tratar de regiões do entorno de Unidades de Conservação. As trajetórias desenvolvimentistas, locais e ou regionais, não podem ocorrer sem causar impactos, porém não estão proporcionando benefícios da forma como deveriam. Os cenários projetados para 2011 sugerem que a presença e a continuidade de fragmentos de vegetação natural na paisagem na área de entorno das FLONAS, podem proporcionar e assegurar muitos outros serviços ecossistêmicos ao bem-estar humano, além daqueles obtidos com a conversão e expansão agrícola do uso da terra. E ainda, manter e resguardar a questão da conservação da biodiversidade, um dos objetivos inerentes a criação e a implementação de unidades de conservação inseridas na categoria Floresta Nacional. Este estudo aponta a necessidade de que a condição da sustentabilidade ecológica da paisagem seja integrada às outras dimensões (social e econômica) do planejamento ambiental, na perspectiva de um modelo de desenvolvimento que busque o crescimento econômico, considerando também a conservação dos ecossistemas naturais.

Agradecimentos

Ao CNPQ, que financiou o presente trabalho, e à toda a equipe que tornou-o possível.

Referências Bibliográficas

- ACHARD, F.; EVA, H.D.; STIBIG, H.J.; MAYAUX, P.; GALLEGU, J.; RICHARDS, T. & MALINGREAU, J.P. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. **Science**, 297: 999-1002, 2002.
- ANDERSON, M. J. **PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance**. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand, 2005.
- BUTCHART, S.H.M. et al. Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. **Science**, 328: 1164-1168, 2010.
- COSTA, M.H.; YANAGI, S.N.M.; SOUZA, P.J.O.P.; RIBEIRO, A. & ROCHA, E.J.P. Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion. **Geophysical Research Letters**, 34: 1029, 2007.
- DE GROOT, R. S.; BLIGNAUT, J.; DER PLOEG, S.; ARONSON, J.; ELMQVIST, T.; FARLEY, J. Benefits of Investing in Ecosystem Restoration. **Conservation Biology**, 27: 1286-1293p, 2013.
- ELLIS, E. C.; RAMANKUTTY, N. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 6: 439-47p, 2008.
- FOLEY et al. Global Consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 570, p. 570-574, 2005.
- GALETTI, M.; PARDINI, R.; DUARTE, J. M. B.; SILVA, V. M. F.; ROSSI, A.; PERES, C. A. Mudanças no Código Florestal e seu impacto na ecologia e diversidade dos mamíferos no Brasil. **Biota Neotrópica**, v.10, n.4, 2010.
- HABERL, H.; WACKERBAGEL, M.; WRBKA, T. Land use and sustainability indicators. An introduction. **Land Use Policy**, 21: 193-198, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra.** Manuais Técnicos em Geociências, 3ed., n.8, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Banco de dados agregados 2011- SIDRA.** Acesso em: maio de 2014. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability.** WorkingGroup II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report (Cambridge University Press, Cambridge, UK), 2007.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis.** World Resources Institute, Washington, DV. USA. 2005.

O'NEILL, R. V.; KRUMMEL, J. R.; GARDNER, R. H.; SUGIHARA, G.; JACKSON, B.; DE ANGELIS, D. L.; MILNE, B. T.; TURNER, M. G.; ZYGMUNT, B.; CHRISTENSEN, S. W.; DALE, V. H.; GRAHAM, R. L. Indices of landscape pattern. **Landscape Ecology**, 3: 153-162, 1988.

PEREIRA, H. M. et al. Scenarios for Global Biodiversity in the 21st Century. **Science**, 330: 1496-1501, 2010.

PERELLO, L. F. C.; GUADAGNIN, D. L.; MALTCHIK, L.; SANTOS, J. E. Ecological, Legal and Methodological Principles for Planning Buffer Zones. **Natureza & Conservação**, 10(1):3-11, 2012.

PETERSEIL, J., T. WRBKA, C. PLUTZAR, I. SCHMITZBERGER, A. KISS, E. SZERENCSEITS, K. REITER, W. SCHNEIDER, F. SUPPAN, AND H. BEISMANN. Evaluating the ecological sustainability of Austrian cultural landscapes – the SINUS approach. **Land Use Policy**, 21:307-320p, 2004.

RENETZEDER, C. et al. Can we measure ecological sustainability? Landscape pattern as an indicator for naturalness and land use intensity at regional, national and European level. **Ecological Indicators**, v. 10, p. 39-48, 2010.

ROCKSTRÖM J.; STEFFEN W.; NOONE K.; PERSSON A.; CHAPIN F.S. A safe operating space for humanity. **Nature**, 461: 472-475p, 2009.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Editora UFRGS, Porto Alegre, RS, 122p., 2000.

VITOUSEK P M; MMONEY, H A; LUBCHENKO, J & MELILLO J M. Human domination of earth's ecosystems. **Science**, 277: 494-499, 1997.

WRBKA, T; ERB, K-H; SCHULZ, N.B; PETERSEIL, J.; HAHN, C.; HABERL, H. Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators. **Land Use Policy**, v. 21, p. 289-306, 2004.