

## **Um diálogo transdisciplinar sobre Bio, Geo, Agro e Sociodiversidade sob a perspectiva das paisagens**

*Vitor Vieira Vasconcelos, Christian Ricardo Ribeiro, Ana Sílvia Andreu da Fonseca  
Universidade Federal do ABC  
Fevereiro de 2024*

A teoria geral de sistemas (Bertalanffy, 1968) é um arcabouço teórico de amplo escopo que pode ser aplicado a diversas áreas do conhecimento, ao mostrar como diversos elementos podem se relacionar entre si. Dentro desta teoria, existem algumas propostas de que a diversidade de atributos dos elementos, bem como a diversidade de suas relações, contribuiriam para a estabilidade desses sistemas, bem como diminuiriam sua vulnerabilidade (fraqueza diante de mudanças externas), resiliência (capacidade de recuperar do impacto das mudanças externas) e adaptação (capacidade de encontrar um novo equilíbrio estável face às mudanças externas) (Berkes et al., 2003; Norberg et al., 2008).

Por exemplo, no âmbito da Ecologia, a biodiversidade (de espécies, características ou genes), contribuiria para a redundância de elementos e funções nos ecossistemas (Low et al., 2003). Neste caso, em um ecossistema diverso, se uma espécie diminuir a sua abundância, ou se tornar extinta localmente, as suas funções poderão ser parcialmente substituídas por outras espécies (Sanders et al., 2018). No entanto, à medida que a biodiversidade diminui num processo contínuo de extinções, então poderia atingir um ponto de viragem de desequilíbrio, no momento em que não haveria mais uma espécie redundante para substituir a outra.

Além do desenvolvimento seminal da discussão sobre a diversidade na Ecologia, a reflexão do papel da diversidade nos sistemas foi expandida para sistemas sociais (O'Hara, 1995, Norberg et al., 2008), sistemas agrícolas (Jackson et al., 2005) e geossistemas (Serrano e Ruiz-Flaño, 2007). No pensamento social, a importância de valorizar a diversidade das culturas, como um espectro de conhecimentos e perspectivas humanas sobre o mundo, foi há muito reconhecida por Herder (1797), numa estratégia de tolerância e diálogo que poderia enriquecer a experiência de mundo de todas as pessoas. A geodiversidade, entendida como a diversidade dos atributos e processos relativos aos recursos naturais (água, solos, rochas, clima e geomorfologia) (Gray, 2004), também contribui para oferecer mais possibilidades de uso da paisagem para os seres humanos e outros seres vivos. Para os sistemas agrícolas, as paisagens policulturais mais diversas já foram reconhecidas como menos vulneráveis à propagação de pragas do que os extensos campos monoculturais (Gurr et al., 2012), bem como estimulam uma melhor polinização como serviços ecossistêmicos (Nicholls e Altieri, 2013). Dado que 23,8% da biomassa vegetal produzida, 94% da biomassa de mamíferos e 75% da biomassa aviária estão relacionadas com paisagens de produção de alimentos geridas por seres humanos, a agro-biodiversidade torna-se um aspecto relevante no sistema global da biosfera (Haberl et al., 2007; Ritchie et al., 2023).

Existem muitas relações entre essas dimensões da diversidade, que têm estimulado o desenvolvimento interdisciplinar. A maioria destes debates têm utilizado o conceito integrador de paisagem, proporcionando um contexto onde elementos e processos naturais e humanos podem interagir numa abordagem sistêmica. Na Ecologia, por exemplo, tem havido o desenvolvimento do campo da "Ecologia da Paisagem", inicialmente relacionando padrões e processos biológicos espaciais, e em sequência explorando como eles poderiam estar ligados a atributos do ambiente físico (Turner e Gardner, 2015), mas posteriormente dando ênfase crescente às influências humanas no

processo ecológico a partir de uma perspectiva espacial, entendendo as paisagens como sistemas sócio-técnico-ecológicos (Grimm et al., 2015).

Na Geografia, a abordagem da paisagem parte dos estudos espaciais integrados de Vidal de La Blache (1926), mas também foi desenvolvida pela escola de geografia física sistêmica (Marques Neto, 2023), bem como pela geografia humanista no que diz respeito à relação de humanos com as paisagens circundantes (Tuan, 1990). A representação de paisagens também teve uma longa história nas artes, incluindo a pintura (Andrews, 1999) e, mais recentemente, nas artes audiovisuais (Lukinbeal, 2005; Lefebvre, 2007), e também se expressou no design de tais paisagens através da jardinagem, paisagismo e, mais recentemente, na área da Arquitetura de Paisagens (Liversedge e Holden, 2014). As possibilidades de abordagem sobre cultura, memória e conservação de paisagens envolveram antropólogos (Hirsch e O'Hanlon, 1995), arqueólogos (David e Thomas, 2008) e historiadores (Marcucci, 2000), e levaram ao desenvolvimento de políticas públicas de proteção e restauração de paisagens históricas, arqueológicas e naturais esteticamente valiosas, como parte do patrimônio humano (Harvey, 2015).

Dentre as relações entre essas dimensões da diversidade sistêmica, a diversidade de atributos do ambiente físico gera uma diversidade de nichos para ecossistemas, aumentando a biodiversidade em nível de paisagem (Read et al., 2020). Em áreas com pouco conhecimento sobre biodiversidade e poucos recursos para essas avaliações, o mapeamento da geodiversidade pode fornecer uma primeira orientação para áreas prioritárias de conservação (Anderson et al., 2015).

A agroecologia tem sido um dos principais campos para vincular os benefícios da biodiversidade natural e da agrobiodiversidade para os humanos e outros seres vivos. Muitos estudos propuseram que a inclusão de plantas nativas em paisagens agrícolas e outras paisagens geridas pelo homem pode ajudar como barreiras à difusão de pragas, bem como estimular o crescimento de polinizadores e de inimigos naturais de insetos-praga (Isaac et al., 2009). Estratégias para manutenção e restauração da ecologia do solo, incluindo vermes, bactérias e fungos naturais, integrada com a conservação da porosidade natural do solo para a circulação de água e ar, tem sido uma abordagem importante para manter a produção agroecológica (Lemanceau et al., 2015), ligando biodiversidade, geodiversidade e agrobiodiversidade.

As comunidades tradicionais desenvolveram, ao longo de gerações, conhecimentos sobre como utilizar a biodiversidade e a geodiversidade de forma sustentável. Protegendo a sociodiversidade que abrange estas comunidades, protegemos também este valioso conhecimento e práticas associadas. Por exemplo, muitos medicamentos e produtos farmacêuticos têm sido desenvolvidos a partir do conhecimento indígena sobre plantas medicinais (Taylor et al., 2001). A conservação de sementes indígenas de plantas agrícolas e o conhecimento sobre o seu manejo, mantido pelas comunidades tradicionais, têm sido peça central para estratégias de melhoramento genético de variedades comerciais destas plantas (Van Dooren, 2009), vinculando a sociodiversidade à agrobiodiversidade. A etnopedologia foi desenvolvida para aprender com as comunidades tradicionais sobre as potencialidades de cada tipo de solo para um melhor mapeamento da aptidão agrícola (Barrera-Bassols et al., 2003), ligando a sociodiversidade, a geodiversidade e a agrobiodiversidade.

Cada área do conhecimento vem desenvolvendo métodos para medir, espacializar e analisar a diversidade nas paisagens. Algumas dessas técnicas estão sintetizadas na Tabela 1. Há um claro potencial de diálogos transdisciplinares, como aplicar e adaptar um método de uma área de conhecimento para outras áreas, bem como criar métodos integradores de diversidade paisagística que englobem mais de uma área de conhecimento. Um exemplo é a análise de hotspots de biodiversidade, que são áreas

priorizadas com alto potencial de biodiversidade sob alta ameaça (Myers et al., 2000), um conceito que também pode ser adaptado para mapear e priorizar áreas hotspot de agrobiodiversidade (Pacicco et al., 2018), geodiversidade (Betard e Peulvast, 2019) e diversidade cultural (Solymosi, 2011), bem como pontos críticos de diversidade paisagística integrativa abrangendo mais de uma dessas dimensões (Nabhan et al., 2002). As análises de redundância e de correspondência canônica, que foram desenvolvidas para estudar como os atributos físicos do ambiente se relacionam com a biodiversidade (Legendre e Birks, 2012), também podem ser estendidas para analisar relações bidimensionais de atributos e diversidade de outras dimensões, como sistemas sociais e agrícolas.

Tabela 1 - Métodos para medir, espacializar e analisar a diversidade do sistema

<b>Áreas de conhecimento</b>	<b>Métodos</b>	<b>Referências</b>
Ecologia	Índices de riqueza/equabilidade	Shannon (1948), Simpson (1949), Rényi (1961), Hill (1973)
	Diversidade alfa, beta e gamma	Whittaker (1972), Tuomisto (2010)
Geociências	Mapeamento de diversidade de kernel	Silva et al. (2021)
Ciências Sociais	Índices de segregação	Reardon e O'Sullivan (2004)

O desenvolvimento de índices de riqueza e equitabilidade em Ecologia enfatizou que não apenas o número de elementos, mas também a sua distribuição igual ou desigual, são relevantes para compreender a diversidade sistêmica (Hill, 1973). O desenvolvimento de abordagens interescares da diversidade mostra que a diversidade nas escalas alfa (diversidade local de cada local), beta (diversidade entre locais) e gama (paisagem total) pode trazer uma melhor compreensão de diversos sistemas (Whittaker, 1972).

O mapeamento da diversidade Kernel, desenvolvido em Geociências (Silva et al., 2021), parte da integração de dados e elementos categóricos (como tipos de solo, rochas, relevo e padrões fluviais) (como sítios paleontológicos, fraturas litológicas) em dados espaciais. bancos de dados, para fornecer uma visão da diversidade espacial. As escolhas quanto ao tamanho da grade e raio do kernel, neste método, também permitem a representação da diversidade em múltiplas escalas.

A segregação social, que seria conceitualmente o inverso da diversidade social à escala da paisagem, foi desenvolvida para expor a marginalização espacial ou o autoisolamento de grupos sociais com características étnicas, culturais e/ou socioeconômicas distintas. Muitos dos seus métodos partem de análises de desigualdade social e econômica, como os índices de Gini (Duncan e Duncan, 1955) e Theil (1972), e

expandem-se para relações espaciais utilizando técnicas de matrizes de adjacência de vizinhança inicialmente desenvolvidas para econometria espacial (Wong, 1998). Curiosamente, muitos índices de biodiversidade e segregação socioespacial são ambos baseados na teoria geral dos sistemas, tais como matrizes de dissimilaridade (Duncan e Duncan, 1955; Legendre e Legendre, 2012), índices de informação (Shannon, 1948) e índices de entropia (Mora e Ruiz- Castillo, 2011), mostrando um potencial de diálogo e integração entre os métodos da biodiversidade e da sociodiversidade.

Como agenda para o desenvolvimento de estudos interdisciplinares em diversidade paisagística, é muito importante trazer exemplos concretos de como essas dimensões da diversidade podem ser benéficas para os humanos e outros seres vivos. O quadro mais estabelecido é a avaliação dos serviços ecossistêmicos, endossada pela ONU (2003), que mede os benefícios para a população humana que derivam, direta ou indiretamente, das funções ecossistêmicas (Constanza et al., 1997), e que inclui o fornecimento de recursos, regulação de características ambientais saudáveis, benefícios culturais, bem como serviços de apoio que mantenham a estabilidade dos demais referidos serviços. Embora os serviços ecossistêmicos sejam um referencial teórico ambiental amplo, com maior foco na conservação dos processos naturais da biosfera, abordagens alternativas têm sido propostas, como serviços geossistêmicos (Gray, 2011), mais focados nos benefícios proporcionados pelos processos físicos do meio ambiente, e serviços paisagísticos (Bastian et al., 2014), que incluem os benefícios originados tanto em ambientes naturais quanto gerenciados pelo ser humano. Grupos mais ligados às comunidades tradicionais também questionaram a base epistemológica do quadro de serviços ecossistêmicos, que seria mais capitalista e antropocêntrico, vendo a natureza como uma funcionária ao serviço dos seres humanos, e propõem que o conceito poderia ser simplesmente renomeado como "contribuições da natureza para as pessoas" (Díaz et al., 2018), para evitar esse viés. Tais visões alternativas mostram o quão frutífero esse diálogo interdisciplinar pode ser, trazendo perspectivas mais amplas para estudos futuros. Esse diálogo se torna extremamente necessário para pensar estratégias de proteção e regeneração da diversidade paisagística, de forma a manter e maximizar seus benefícios para os seres humanos e demais seres vivos, em uma perspectiva que atravesse as fronteiras disciplinares e que integre suas respectivas políticas públicas.

## Referências

ANDERSON, M. G. et al. Case studies of conservation plans that incorporate geodiversity. **Conservation Biology**, v. 29, n. 3, p. 680-691, 2015.

ANDREWS, Malcolm. **Landscape and western art**. Oxford University Press, USA, 1999.

Barrera-Bassols, N., & Zinck, J. A. (2003). Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma*, 111(3-4), 171-195.

Bastian O, Grunewald K, Syrbe RU, Walz U, Wende W (2014) Landscape services: the concept and its practical relevance. *Landscape Ecol* 29(9):1463–1479

BERKES, Fikret; COLDING, Johan; FOLKE, Carl (Ed.). **Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change**. Cambridge university press, p. 83-114, 2003.

BERTALANFFY, Ludwig von. **General system theory: Foundations, development, applications**. G. Braziller, 1968.

BETARD, Francois; PEULVAST, Jean-Pierre. Geodiversity hotspots: Concept, method and cartographic application for geoconservation purposes at a regional scale. *Environmental management*, v. 63, n. 6, p. 822-834, 2019.

BLACHE, Paul Vidal de la. **Principles of human geography**. H. Holt, 1926.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R. de; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. S.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTONKK, P.; BELT, M. van den. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, vol 387, 1997

David, B.; Thomas, J. *Handbook of landscape archeology*. Left coast press, 2008.

Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., ... & Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270-272.

Duncan O. D. and Duncan B. (1955) A Methodological Analysis of Segregation Indexes. *American Sociological Review* 41, pp. 210-217

Gray, M. (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation*, 38(3), 271-274.

GRAY, Murray. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. John Wiley & Sons, 2004.

GRIMM, Nancy B. et al. A broader framing of ecosystem services in cities: Benefits and challenges of built, natural or hybrid system function. In: **The Routledge handbook of urbanization and global environmental change**. Routledge, 2015. p. 227-236.

GURR, Geoff M.; WRATTEN, Stephen D.; SNYDER, William E. (Ed.). **Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management**. John Wiley & Sons, 2012.

HABERL, Helmut et al. Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, n. 31, p. 12942-12947, 2007.

HARVEY, David. Landscape and heritage: Trajectories and consequences. **Landscape Research**, v. 40, n. 8, p. 911-924, 2015.

HERDER, Johann Gottfried. **Letters for the Advancement of Humanity 1797**. In: **Herder, J. G. Herder philosophical writings**. Cambridge University Press, 2002.

Hill, M. O. (1973). "Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences". *Ecology*, 54 (2): 427–432. Bibcode:1973Ecol...54..427H. doi:10.2307/1934352. JSTOR 1934352

HIRSCH, Eric; O'HANLON, Michael (Ed.). **The anthropology of landscape: perspectives on place and space**. Oxford University Press, 1995.

Isaacs, R., Tuell, J., Fiedler, A., Gardiner, M., & Landis, D. (2009). Maximizing arthropod-mediated ecosystem services in agricultural landscapes: the role of native plants. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(4), 196-203.

JACKSON, Louise et al. Agrobiodiversity: a new science agenda for biodiversity in support of sustainable agroecosystems. **DIVERSITAS report**, v. 4, p. 40, 2005.

LEFEBVRE, Martin. **Landscape and film**. Routledge, 2007.

Legendre, P., & Birks, H. J. B. (2012). From classical to canonical ordination. In: Birks, J. B., Lotter, A. F., Juggins, S., & Smol, J. P. (Eds.). *Tracking environmental change using lake sediments: data handling and numerical techniques* (Vol. 5). Springer Science & Business Media, p. 201-248.

Legendre, P., & Legendre, L. (2012). Ecological resemblance. *Developments in environmental modelling*, Vol. 24, pp. 265-335. Elsevier.

Lemanceau, P., Maron, P. A., Mazurier, S., Mougél, C., Pivato, B., Plassart, P., ... & Wipf, D. (2015). Understanding and managing soil biodiversity: a major challenge in agroecology. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 67-81.

LIVERSEDGE, Jamie; HOLDEN, Robert. **Landscape architecture: an introduction**. Hachette UK, 2014.

LOW, Bobbi et al. Redundancy and diversity: do they influence optimal management. In: BERKES, Fikret; COLDING, Johan; FOLKE, Carl (Ed.). **Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change**. Cambridge university press, p. 83-114, 2003.

LUKINBEAL, Chris. Cinematic landscapes. *Journal of Cultural Geography*, v. 23, n. 1, p. 3-22, 2005.

MARCUCCI, Daniel J. Landscape history as a planning tool. **Landscape and urban planning**, v. 49, n. 1-2, p. 67-81, 2000.

MARQUES NETO, Roberto. **PAISAGEM E GEOSISTEMAS: bases teórico-metodológicas da Geografia Física aplicada**. Editora CRV, 2023.

Mora, R., & Ruiz-Castillo, J. (2011). Entropy-based segregation indices. *Sociological Methodology*, 41(1), 159-194.

- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.
- Nabhan, G. P., Pynes, P., & Joe, T. (2002). Safeguarding species, languages, and cultures in the time of diversity loss: from the Colorado Plateau to global hotspots. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 164-175.
- NICHOLLS, Clara I.; ALTIERI, Miguel A. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. **Agronomy for Sustainable development**, v. 33, p. 257-274, 2013.
- NORBERG, Jon et al. Diversity and resilience of social-ecological systems. In: NORBERG, Jon; CUMMING, Graeme. **Complexity theory for a sustainable future**. Columbia University Press, p. 46-80, 2008.
- Pacicco, L., Bodesmo, M., Torricelli, R., & Negri, V. (2018). A methodological approach to identify agro-biodiversity hotspots for priority in situ conservation of plant genetic resources. *PLoS One*, 13(6), e0197709.
- READ, Quentin D. et al. Beyond counts and averages: Relating geodiversity to dimensions of biodiversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 29, n. 4, p. 696-710, 2020.
- Reardon, S. F. and O'Sullivan, D. (2004) Measures of spatial segregation. *Sociological Methodology*, 34, 121-162.
- Rényi, A. (1961). On measures of entropy and information. In *Proceedings of the Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Contributions to the Theory of Statistics* (Vol. 4, pp. 547-562). University of California Press.
- RITCHIE, Hannah; ROSADO, Pablo; ROSER, Max. Environmental Impacts of Food production. **Our world in data**, 2023. Available at: <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>
- SANDERS, Dirk et al. Trophic redundancy reduces vulnerability to extinction cascades. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 10, p. 2419-2424, 2018.
- SERRANO, Enrique; RUIZ-FLAÑO, Purificación. Geodiversity: a theoretical and applied concept. **Geographica helvetica**, v. 62, n. 3, p. 140-147, 2007.
- Shannon, C. E. (1948) A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379–423 and 623–656.
- SILVA, Juliana P. et al. The Geodiversity of Brazil: quantification, distribution, and implications for conservation areas. *Geoheritage*, v. 13, n. 3, p. 1-21, 2021.
- Simpson, E. H. (1949). "Measurement of diversity". *Nature*. 163 (4148): 688. Bibcode:1949Natur.163..688S. doi:10.1038/163688a0,
- Solymosi, K. (2011). Indicators for the identification of cultural landscape hotspots in Europe. *Landscape Research*, 36(1), 3-18.

Taylor, J. L. S., Rabe, T., McGaw, L. J., Jäger, A. K., & Van Staden, J. (2001). Towards the scientific validation of traditional medicinal plants. *Plant growth regulation*, 34, 23-37.

Theil H. (1972) Statistical decomposition analysis: with applications in the social and administrative. Amsterdam, North-Holland, 337 p.

TUAN, Yi-Fu. **Topophilia: A study of environmental perception, attitudes, and values.** Columbia University Press, 1990.

Tuomisto, H. (2010). A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography*, 33(1), 2-22.

TURNER, Monica G. And Gardner, R. H. **Landscape ecology in theory and practice: pattern and process.** 2<sup>nd</sup> ed. Springer New York, 2015.

United Nations – UN. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment (Island Press, 2003)

Van Dooren, T. (2009). Banking seed: Use and value in the conservation of agricultural diversity. *Science as Culture*, 18(4), 373-395.

Wong D. W. S. (1998) Measuring multiethnic spatial segregation. *Urban Geography*, 19 (1), pp. 77-87.