

Índice de qualidade do solo sob sistemas de produção pecuária-floresta em Porto Velho, Rondônia

Antonio Costa de Andrade Neto⁽¹⁾, Ana Karina Dias Salman⁽²⁾, Henrique Nery Cipriani⁽³⁾, Elaine Coimbra de Souza⁽⁴⁾ e Pedro Gomes da Cruz⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de graduação da Faculdade da Amazônia, Bolsista na Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

⁽²⁾ Pesquisadora, Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Florestas, Colombo, PR

⁽⁴⁾ Zootecnista, mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, estudante de doutorado da Universidade Federal de Rondônia, bolsista na Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Café, Brasília, DF

Resumo – O índice de qualidade do solo (IQS) é um dos indicadores utilizados para avaliação de sustentabilidade dos sistemas agrícolas e florestais. Entretanto, são poucos os estudos avaliando a QS em seus três componentes (químico, físico e biológico), permitindo uma análise mais adequada da saúde do solo em diferentes usos, especialmente na Amazônia. O objetivo deste trabalho foi avaliar a QS em diferentes sistemas de produção pecuária em Porto Velho, Rondônia, utilizando-se um índice de qualidade do solo (IQS). O estudo foi conduzido em seis áreas: Integração pecuária-floresta com *Samanea tubulosa* (IPF-ST), IPF com *Eucalyptus pellita* (IPF-EP), Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), Integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem BRS Ipyorã e floresta nativa. Amostras de solo foram coletadas para análise de nove atributos (seis químicos, dois físicos e um biológico). Os valores de referência foram obtidos da quinta aproximação e dos próprios dados. O IQS final obtido capturou satisfatoriamente as diferenças entre os componentes, permitindo analisar a QS entre os tratamentos mais facilmente do que analisando-se os indicadores individualmente. Verificou-se que a QS sob todos os usos é similar, com ligeiro declínio no IPF-EP, e que o principal componente para melhoria é o físico.

Termos de indexação: amazônia ocidental, bordão-de-velho, fatorial com testemunhas, saúde do solo.

Soil quality under livestock production systems and native forest in Porto Velho, Rondônia

Abstract – The soil quality index (IQS) is one of the indicators used to assess the sustainability of agricultural and forestry systems. However, there are relatively few studies that evaluate SQ considering its three components (chemical, physical, and biological), allowing for a more comprehensive assessment of soil health under different land uses, especially in the Amazon region. This study aimed to evaluate SQ in different livestock production systems in Porto Velho, Rondônia, Brazil, using a soil quality index (SQI). The study was conducted in six areas: livestock-forest integration with *Samanea tubulosa* (LFI-ST), LFI with *Eucalyptus pellita* (LFI-EP), integrated crop-livestock-forest (ICLF), integrated crop-livestock (ICL), Ipyorã pasture, and native forest. Soil samples were collected for analysis of 9 attributes (six chemical, two physical, and one biological). Reference values were obtained from the 5th Approximation and from the data itself. The final SQI obtained satisfactorily captured the differences between the components, allowing for an easier analysis of SQ among the treatments than by analyzing the indicators individually. It was found that SQ under all land uses is similar, with a slight decrease in LFI-EP, and that the main component for improvement is the physical component.

Index terms: western amazon, raintree, factorial with controls, soil health.

Introdução

A qualidade do solo é um componente essencial para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e florestais. Na região Amazônica, alguns solos são naturalmente pobres em nutrientes e suscetíveis à degradação, o que torna a conservação da saúde do solo um importante desafio.

Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são uma estratégia de manejo que combina a produção animal e/ou de grãos com o componente florestal. Esses sistemas têm sido propostos como forma de promover a melhoria da qualidade do solo na Amazônia, por meio de diversos mecanismos (Silveira Bueno et al., 2021).

Entretanto, ainda são relativamente poucos os estudos avaliando a qualidade do solo em seus três componentes (químico, físico e biológico), permitindo uma análise mais adequada da saúde do solo em diferentes usos do solo, especialmente na Amazônia (Simon et al., 2022). Como a análise da qualidade do solo envolve múltiplos indicadores, pode-se utilizar um índice de qualidade (ou saúde) do solo (IQS) para facilitar a comparação entre tratamentos (Cherubin et al., 2016). O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo em diferentes sistemas de produção pecuária (pastagem, ILP, IPF e ILPF) em Porto Velho, Rondônia, utilizando-se um índice de qualidade do solo (IQS).

Material e métodos

O estudo foi conduzido em seis áreas na Embrapa em Porto Velho, Rondônia: Integração pecuária-floresta com *Samanea tubulosa* (IPF-ST), IPF com *Eucalyptus pellita* (IPF-EP), Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF; soja/milho+braquiária), Integração lavoura-pecuária (ILP), pastagem com o capim BRS Ipyorã e floresta nativa. O clima da região é do tipo Am e o solo sob as áreas é um LVAd de textura argilosa.

Em julho de 2022, amostras de solo da camada 0-20 cm foram coletadas, para análise de nove atributos, sendo seis químicos (pH, P, K, Ca, Mg e Al), dois físicos (umidade gravimétrica - Ug - e resistência à penetração - RSP) e m.o., conforme Teixeira et al. (2017). Nos sistemas IPF e ILPF foram amostradas cinco distâncias em relação às linhas de plantio das árvores (0,00; 5,25; 10,50; 15,75 e 21,00 m).

Um índice IQS e seus subíndices (IQS Químico, IQS Físico e IQS Biológico) foram calculados para avaliar a qualidade do solo (Cherubin et al., 2016). Os valores de referência foram obtidos da quinta aproximação (Alvarez et al., 1999) para análises químicas e MO, ou dos próprios dados para físicas. Com base nesses valores, linearizaram-se os indicadores para uma escala de 0 a 1 (tabela 1).

Tabela 1. Modelo utilizado para o cálculo do índice de qualidade do solo (IQS).

Componente do IQS	Peso 1*	Função do solo	Indicador	Peso 2**	Valor referencial	Referência
Químico	1/3	Regulação da acidez	pH-H ₂ O	1/6	5,5	Alvarez V. et al. (1999)
			Al	1/6	0,5 cmol _c dm ⁻³	
		Disponibilização de nutrientes	P	1/6	12,1 mg dm ⁻³	
			K	1/6	0,18 cmol _c dm ⁻³	
			Ca	1/6	2,41 cmol _c dm ⁻³	
Físico	1/3	Disponibilização de água	Ug	1/2	51,12 g kg ⁻¹	Dados da pesquisa (maior valor)
		Suporte ao crescimento de raízes	RSP	1/2	1,58 MPa	Dados da pesquisa (menor valor)
Biológico	1/3	Manutenção da atividade biológica	MO	1	4,01 dag kg ⁻¹	Alvarez V. et al. (1999)

*Peso do componente para o cálculo do IQS. **Peso do indicador dentro do respectivo componente. Al: alumínio trocável; P: fósforo disponível; K: potássio disponível; Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; Ug: umidade gravimétrica; RSP: resistência do solo à penetração; MO: matéria orgânica (método Embrapa - TEIXEIRA et al., 2017).

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando-se um fatorial duplo com três tratamentos adicionais (ILP, BRS Ipyorã e Floresta), em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, seguidas por análise de regressão e testes de média para comparação entre os tratamentos.

Resultados e discussão

O componente químico da qualidade do solo (IQS químico) foi o componente em que o efeito da distância em relação às linhas das árvores foi significativo, mas somente no sistema ILPF (Figura 1A). Neste sistema, houve tendência de incremento linear do IQS Químico com o aumento da distância. Os sistemas de produção pecuária apresentaram maiores IQS Químicos e, a floresta nativa, o menor. O maior IQS Químico nos sistemas de produção é resultado das práticas de manejo, como preparo do solo, calagem e adubação feitas esporadicamente, o que não ocorre na floresta nativa.

A floresta nativa, por sua vez, se destaca com o maior valor de IQS Físico, seguida por todos os outros tratamentos, que apresentaram valores estatisticamente iguais entre si (Figura 1B). Isso ocorre principalmente, or causa da menor RSP na floresta nativa, haja vista, a ausência de pastejo e tráfego de máquinas nesse ambiente.

Os maiores valores de IQS Biológico foram observados na floresta nativa e no IPF-ST, seguidos pelo IPF-EP e BRS Ipyorã e, por fim, ILPF e ILP, com os menores valores (Figura 1C). De todos os sistemas, o ILP e o ILPF são os mais intensivos, haja vista haver sucessão de culturas (soja/milho+braquiária) anualmente. Isso pode ter contribuído para o menor acúmulo de MO nestes sistemas.

Souza et al. (2023), avaliando IQS no mesmo campo experimental, também observaram melhores valores para os indicadores de qualidade física e biológica na floresta nativa, porém, melhores valores para os indicadores de qualidade química no sistema de produção (cultivo anual de grãos). Melhores propriedades químicas no ILPF também foram observadas por Araújo et al. (2022) na Amazônia maranhense.

Diminuição da qualidade física na conversão de floresta nativa para pastagem também foi observada por Lima et al. (2021) em Porto Velho. Já Moreira et al. (2018) verificaram que sistemas ILPF podem recuperar a qualidade física do solo em comparação à monocultura de grãos ou pasto. A ILPF também pode ser uma alternativa para se aumentar o carbono orgânico do solo na Amazônia (Cândido et al., 2024).

Analisando-se o IQS com todos os componentes, verifica-se que apenas o IPF-EP diferiu significativamente dos demais sistemas, apresentando menor IQS: 0,59 (contra 0,62 de média dos outros quatro sistemas e a floresta nativa) (Figura 1D). Com base nas análises anteriores, é possível constatar que isso ocorre por causa dos baixos valores observados para o IPF-EP nos componentes químico e biológico do IQS.

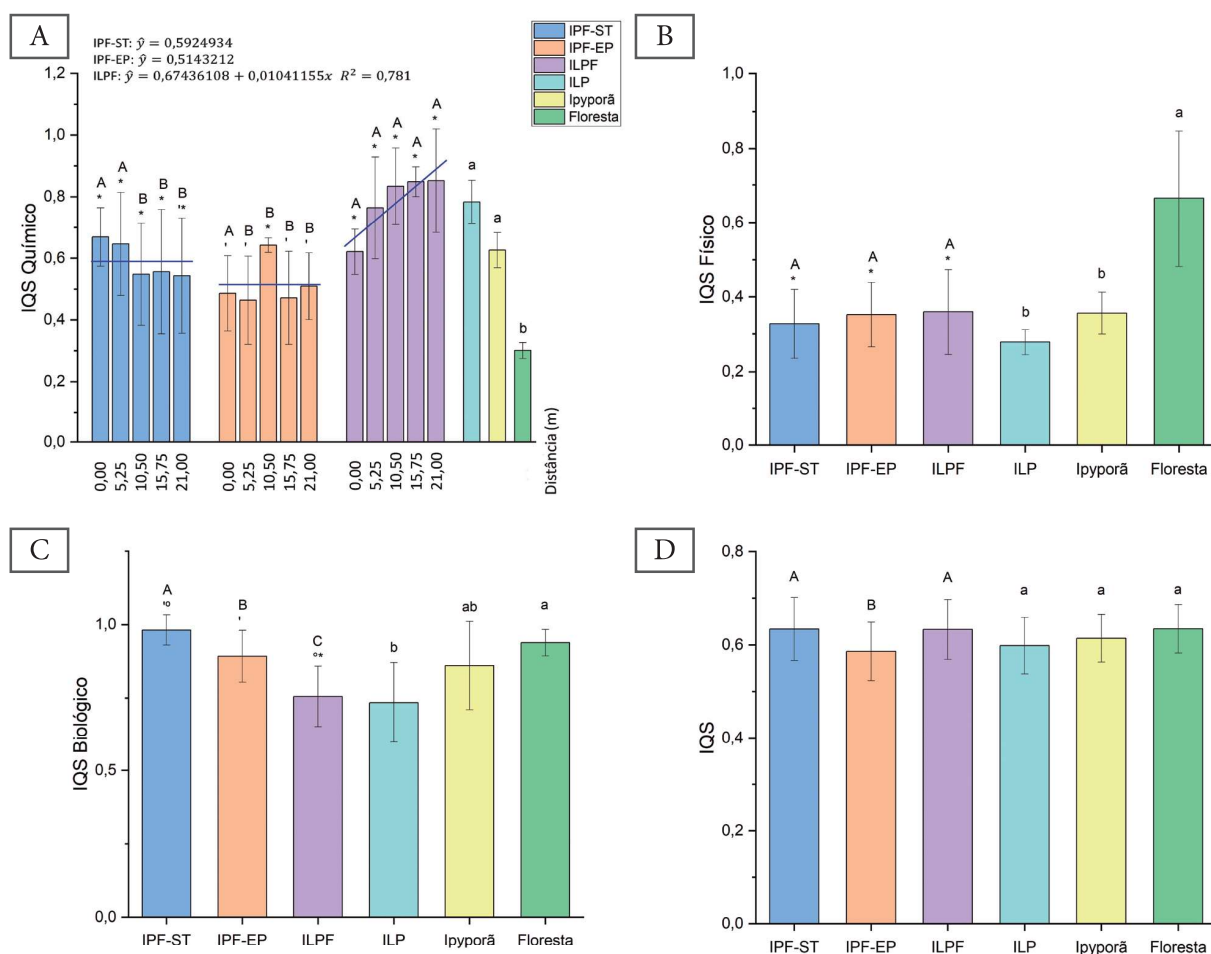


Figura 1. Índice de qualidade do solo (IQS - D) e seus componentes (A: químico, B: físico e C: biológico) em função de áreas e distâncias em relação às árvores nos sistemas integrados. IPF-ST: integração pecuária-floresta com bordão-de-velho (*Samanea tubulosa*); IPF-EP: integração pecuária-floresta com eucalipto (*Eucalyptus pellita*); ILPF: integração lavoura-pecuária-floresta; ILP: integração lavoura-pecuária. BRS Ipyporã: variedade de forrageira (monocultivo). Os símbolos ‘, ° e * indicam diferenças significativas entre as médias dos sistemas IPF e ILPF e das testemunhas (ILP, BRS Ipyporã e Floresta, respectivamente) pelo teste de Dunnett. Letras maiúsculas comparam as médias entre os sistemas IPF e ILPF (para uma mesma distância, no caso do IQS Químico); letras minúsculas comparam as médias das testemunhas entre si (teste de Tukey). $\alpha = 0,05$.

O IQS obtido capturou satisfatoriamente as diferenças entre os componentes, permitindo analisar a qualidade do solo entre os tratamentos mais facilmente do que analisando-se os nove indicadores individualmente. Contudo, a análise dos componentes separadamente também forneceu informações relevantes. Não se deve desprezar, nas análises de qualidade ou saúde do solo por meio de índices integradores, a análise individual dos componentes do índice (químico, físico e biológico).

De maneira geral, percebe-se que a qualidade do solo sob todos os usos é similar, e que o principal componente para melhoria é o físico. Contudo, o componente químico também apresenta margem para melhoria, e está ligado a manejo. Uma avaliação da produtividade dos sistemas (produção de pastagem, volume de madeira, produção de carne, etc) pode complementar a análise para confirmar se os valores observados refletem boas produtividades. Análises em anos posteriores também são importantes para se verificar melhoria ou degradação do solo com o tempo.

Conclusão

O sistema IPF-EP apresenta a pior qualidade do solo, no intervalo de tempo estudado, mas com pequena diferença em relação às outras áreas, que não diferem entre si.

O IQS Físico é o mais impactado pela conversão de floresta nativa em sistemas produtivos, sendo o que apresenta maior potencial para melhoria em função do manejo.

Agradecimentos

À CAPES, ao CNPq, à FAPERGO e ao BNDES/Fundo Amazônia, pelos auxílios financeiros. Ao técnico Paulo Humberto Marcante, pela coordenação dos trabalhos de campo. Aos estagiários e funcionários do campo experimental de Porto Velho pelo auxílio nas coletas e pela manutenção das áreas experimentais.

Referências

- ALVAREZ V.; V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S.. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG/DPS-UFV, 1999. p. 25-32.
- ARAÚJO, M. D. M.; SOUZA, H. A. de; DEON, D. S.; MUNIZ, L. C.; COSTA, J. B.; SOUZA, I. M. de; REIS, V. R. R.; BRASIL, E. P.; POMPEU, R. C. F. F.. Integrated production systems in a Plinthosol: greenhouse gas emissions and soil quality. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, n. 2, p. 184–191, fev. 2022.
- CÂNDIDO, A. C. T. F.; SILVA, T. A. da; CÂNDIDO, B. U. F.; TAPAJÓS, R.; CHAVES, S. S. N. F.; SILVA, A. R.; NASCIMENTO, W.; DIAS, C. T. dos S.; FERNANDES, P. C. C.; DIAS-FILHO, M. B.; LISBOA, L. S. S.; ALMEIDA, R. G.; MOURA, J. M. S. de.; BELDINI, T. P.; MARTORANO, L. G.. Carbon and Methane as Indicators of Environmental Efficiency of a Silvopastoral System in Eastern Amazon, Brazil. **Sustainability**, v. 16, n. 6, p. 2547, jan. 2024.
- CHERUBIN, M. R.; KARLEN, D. L.; CERRI, C. E. P.; FRANCO, A. L. C.; TORMENA, C. A.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C.. Soil Quality Indexing Strategies for Evaluating Sugarcane Expansion in Brazil. **PLOS ONE**, v. 11, n. 3, p. e0150860, mar. 2016.
- LIMA, A. F. L. de; CAMPOS, M. C. C.; ENCK, B. F.; SIMÕES, W. da S.; ARAÚJO, R. M. de; SANTOS, L. A. C. dos; CUNHA, J. M. da. Physical soil attributes in areas under forest/pasture conversion in northern Rondônia, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n. 1, p. 34, dez. 2021.
- MOREIRA, G. M.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C.; MAGALHÃES, C. A. de S.; FARIAS NETO, A. L.; MENEGUCI, J. L. P.; FERNANDES, R. B. A.. Physical quality of soils under a crop-livestock-forest system in the Cerrado/Amazon transition region. **Revista Árvore**, v. 42, out. 2018.
- SILVEIRA BUENO, R. da; MARCHETTI, L.; COCOZZA, C.; MARCHETTI, M.; SALBITANO, F.. Could cattle ranching and soybean cultivation be sustainable? A systematic review and a meta-analysis for the Amazon. **iForest - Biogeosciences and Forestry**, v. 14, n. 3, p. 285, 2021.
- SIMON, C. da P.; GOMES, T. F.; PESSOA, T. N.; SOLTANGHEISI, A.; BIELUCZYK, W.; CAMARGO, P. B. de; MARTINELLI, L. A.; CHERUBIN, M. R.. Soil quality literature in Brazil: A systematic review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, abr. 2022.
- SOUZA, M. S.; MENDES, A. M.; CAMPOS, M. C. C.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, O. A. Q.; BRITO FILHO, E. G.. Indicator attributes of soil quality in areas under different land use systems, in the Western Amazon. **FLORESTA**, v. 53, n. 1, p. 001, jan. 2023.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.