

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL POTENCIAL DOS SOLOS DO PARANÁ

Lara Clímaco de Melo¹
Carlos Roberto Sanquetta²
Ângela Maria Klein Hentz³
Ana Paula Dalla Corte⁴

Resumo: O objetivo deste trabalho consistiu em classificar os solos do estado do Paraná quanto à sua fragilidade, considerando os tipos de solo, além de analisar possíveis relações de conflito entre os resultados encontrados e as informações de aptidão para o uso do solo, com vistas ao subsídio de planejamentos com enfoque ambiental. Foi realizado o cruzamento entre informações temáticas sobre a classificação e aptidão dos solos referente ao estado do Paraná. Classificaram-se os solos conforme metodologia de análise empírica da fragilidade ambiental em muito fraca, fraca, moderada, forte e muito forte fragilidade, e analisados possíveis conflitos existentes quanto a essas aptidões de uso do solo em função das categorias de fragilidade definidas. A maior parte do estado (42,8%) foi classificado de fraca a muito fraca fragilidade, em função da predominância dos Latossolos e Argissolos. Os mapas de fragilidade potencial e aptidão do solo conflitaram-se em 28,9% da área observada, com predominância dos conflitos baixos, mas com aproximadamente 12 mil km² de conflitos altos, o que indica a necessidade de ampliação das análises e estudos sobre a temática proposta objetivando contribuir com o planejamento territorial num enfoque ambiental, reduzindo-se incertezas e erros quanto ao uso dos solos.

Palavras-chave: suscetibilidade; avaliação; planejamento.

Analysis of potential environmental fragility of soil of Paraná

Abstract: The objective of this study was to classify the soils of the state of Parana about their fragility, considering the types of soil, analysing possibles relations of conflict between the results found and the information of ability for the use of the soil, with the purpose to the subsidize of planning with environmental focus. Were used thematic maps about the classification and ability of the soils from the state of Paraná. The soil was classified according to the methodology of empirical analysis of the environmental fragility in very low, low, moderate, high and very high fragility, and analyzed possible conflicts existing with respect to these ability of soil use in function of defined categories of fragility. The most part of the state (42.8%) was classified as low to very low fragility, in function of the predominance of Latosol and Argisol. The maps of fragility potential and suitability of soil conflicted in 28.9% of the area observed, with a predominance of low conflict, but with 12 mil km² of high conflict, which indicates the need for extension of the analyzes and studies on the proposed theme aiming to contribute with the territorial planning an environmental focus, reducing errors and uncertain regarding the use of the soil.

Key-words: susceptibility; evaluation; planning.

¹ Mestranda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná. e-mail: laracmelo@gmail.com

² Professor Ph.D do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. e-mail: sanquetta@ufpr.br

³ Mestranda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná. e-mail: angelakhentz@gmail.com

⁴ Professora Dra. do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. e-mail: anacorte@ufpr.br

INTRODUÇÃO

O avanço da exploração dos recursos naturais está decisivamente associado ao desenvolvimento científico, tecnológico e econômico da humanidade, contribuindo para sua degradação. Essa realidade tem trazido à urgência do planejamento físico territorial, enfocando não só a gestão socioeconômica, mas também a questão ambiental, considerando em especial a fragilidade do meio através de intervenções antrópicas (DONHA et al., 2006).

A fragilidade é descrita por Ratcliffe (1971) como uma mensuração da sensibilidade inerente a um ecossistema frente às pressões ambientais sofridas, em combinação com a potencial ameaça que poderia alterar o equilíbrio existente. Desse modo, qualquer perturbação no relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos rescinde o equilíbrio dinâmico, podendo comprometer a funcionalidade do ecossistema (SPÖRL; ROSS, 2004).

A erodibilidade do solo, vista pela sua fragilidade, é explicada pelas diferenças nos atributos físicos e químicos dos mesmos, onde é possível que alguns tipos de solos degradam-se mais que outros mesmo estando em uma mesma condição do ambiente. Além da tipologia do solo, é sabível que a cobertura vegetal interfere no processo erosivo, protegendo direta ou indiretamente os solos contra os efeitos modificadores (KAWAKUBO et al., 2005).

Para um diagnóstico que envolve diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes, é preciso realizar um estudo integrado do meio físico aliando suas características de uso e ocupação, resultando, por meio das ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIG), em um mapa de fragilidade ambiental (FRANCO et al., 2012). Essa tecnologia admite uma avaliação integrada de diversas variáveis de forma simplificada, permitindo a geração de informações intermediárias e finais rapidamente. Assim, seu amplo uso em diferentes setores caracteriza essa técnica como uma importante ferramenta no planejamento ambiental (DONHA et al., 2006).

De acordo com Gimenes e Augusto Filho (2013), muitas metodologias têm sido propostas na avaliação e classificação da degradação ambiental, no entanto, o mapa de fragilidade permite definir quais áreas podem ser mais afetadas por mudanças em sua dinâmica natural. Essa ferramenta tem grande utilidade em estudos de impacto ambiental, e contribui com os órgãos públicos e privados na elaboração do planejamento físico-territorial.

Considerando a fundamentação dessa ferramenta de diagnóstico de fragilidade para estudar as relações entre o espaço geográfico e a análise espacial, Ross (1994) propôs uma análise empírica da fragilidade ambiental, tanto em ambiente naturais quanto sob intervenção antrópica,

considerando a integração das diversas características de solo, relevo, rochas, flora, entre outras. Essa proposta metodológica, em conjunto com definições sugeridas por outros autores, vem sendo amplamente utilizada na classificação da fragilidade de ambientes, considerando as variáveis mencionadas isoladas ou conjugadas.

Complementar a essa análise de vulnerabilidade dos solos, os estudos já consagrados sobre a capacidade de uso/aptidão agrícola relacionam-se com o vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/deslizamento e inundações frequentes (KAWAKUBO et al., 2005), sendo a correlação entre os dois aspectos mencionados intrínsecos ao entendimento dos processos envolvidos, onde a fragilidade explica a aptidão e vice-versa.

As informações sobre diversos temas ligados as áreas de planejamento estão disponíveis em formatos vetoriais nos diversos estados do país, o que possibilita aos usuários desfrutar destas informações de forma independente, no entanto, não se pode inferir acerca da qualidade destas informações e/ou a forma de obtenção das mesmas. No Paraná, objeto deste estudo, podem-se citar como fontes de arquivos o ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geociências), o Instituto das Águas do Paraná, além do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Em atenção à importância da análise de suscetibilidade dos ambientes, aliada a motivação em avaliar as informações disponibilizadas pelas instituições designadas, objetivou-se com esse trabalho classificar os solos do estado do Paraná quanto a sua fragilidade, considerando a tipologia dos mesmos, e analisar possíveis conflitos entre os resultados gerados e as informações de aptidão para o uso do solo, com vistas ao subsídio de planejamentos de uso da terra com enfoque ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais cartográficos utilizados consistem em arquivos vetoriais com informações geoespaciais temáticas sobre a classificação e aptidão dos solos referente ao estado do Paraná, gerados pelo Instituto de Terras, Cartografias e Geociências (ITCG) com base nos parâmetros definidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). O sistema de projeção utilizado foi UTM SAD 69 – Fuso 22 S, e os mapas foram elaborados no ano de 2008. A localização da área de estudo está ilustrada na Figura 1.

A metodologia de análise empírica da fragilidade ambiental proposta por Ross (1994) é largamente empregada na literatura, e neste trabalho foi associada a essa classificação os

atributos propostos por Franco et al. (2012), adaptado do autor citado acima, visando ampliar as identificações dos diversos tipos de solo presentes no estado, admitindo um maior conhecimento acerca de suas potenciais vulnerabilidades nos diferentes ambientes. A atribuição dos pesos relacionando a fragilidade com as classes de solo foram realizadas conforme demonstrado na Tabela 1.

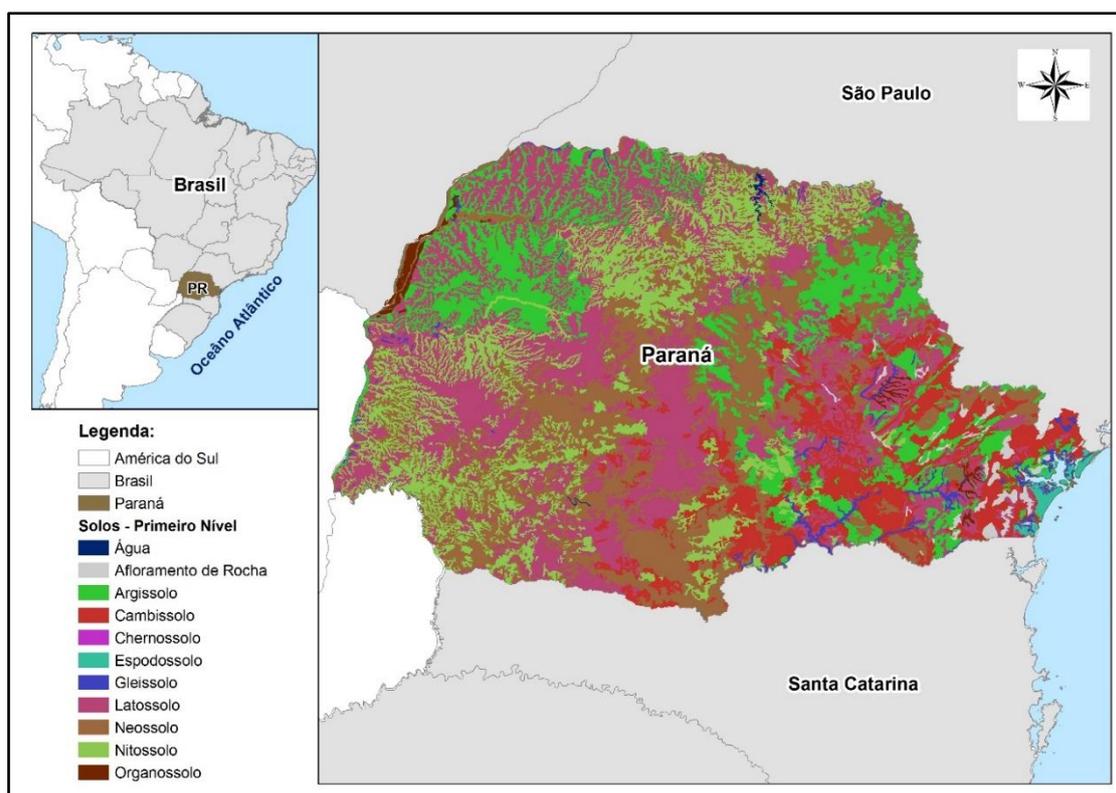


Figura 1. Mapa de localização do Estado do Paraná com destaque para as principais classes de solo correspondentes.
 Fonte: Adaptado do ITCG e IBGE.

Tabela 1. Classes de Fragilidade para o atributo solo.

Classes de Solo	Classes de Fragilidade
Latossolos	Muito Fraca
Argissolos	Fraca
Cambissolos	Moderada
Espodossolos/Neossolos	Forte
Gleissolos/Organossolos/Afloramento de Rochas	Muito Forte

Adaptado de: Ross (1994) e Franco et al. (2012).

A categoria 'indefinido' foi aplicada para os solos que não se enquadraram na classificação proposta acima.

Essa hierarquização qualitativa considera a resistência dos solos aos processos erosivos em função das suas características, tais como textura, porosidade, consistência, estrutura, permeabilidade e profundidade. A susceptibilidade dos solos aos processos erosivos é uma variável de extrema importância no estabelecimento da fragilidade do meio ambiente (FRANCO et al., 2012), justificando assim a análise isolada dessa variante.

De posse da avaliação mencionada, foi gerado como produto o mapa de fragilidade potencial dos solos do estado do Paraná. Posteriormente, esse resultado foi cruzado com o mapa de aptidão dos solos, considerando as classes de aptidão como "apto, inaptos e restritos", e analisados os possíveis conflitos existentes quanto a essas aptidões de uso do solo em função das categorias de fragilidade definidas, assim descritos:

- ✓ Áreas classificadas como de forte ou muito forte fragilidade e consideradas aptas ao uso foram denominadas como de conflito alto;
- ✓ Áreas classificadas como de fraca ou muito fraca fragilidade e consideradas inaptas ao uso foram denominadas de conflito baixo;
- ✓ Áreas classificadas como de moderada fragilidade e consideradas aptas ou inaptas ao uso também foram denominadas de conflito baixo;
- ✓ Áreas em que não houveram conflitos foram denominadas de coerentes;
- ✓ Áreas ocupadas por urbanização, corpos d'água e unidades de conservação não foram consideradas na categorização dos conflitos.

Para a relação descrita acima, atribui-se um impacto maior (conflito alto) aos conflitos resultantes entre áreas que deveriam ser preservadas e foram consideradas aptas, quando comparadas às áreas que poderiam ser utilizadas, mas foram preservadas.

Todos os conjuntos de dados, bem como os mapas disponibilizados foram trabalhados em ambiente SIG conforme ilustrado no fluxograma abaixo.

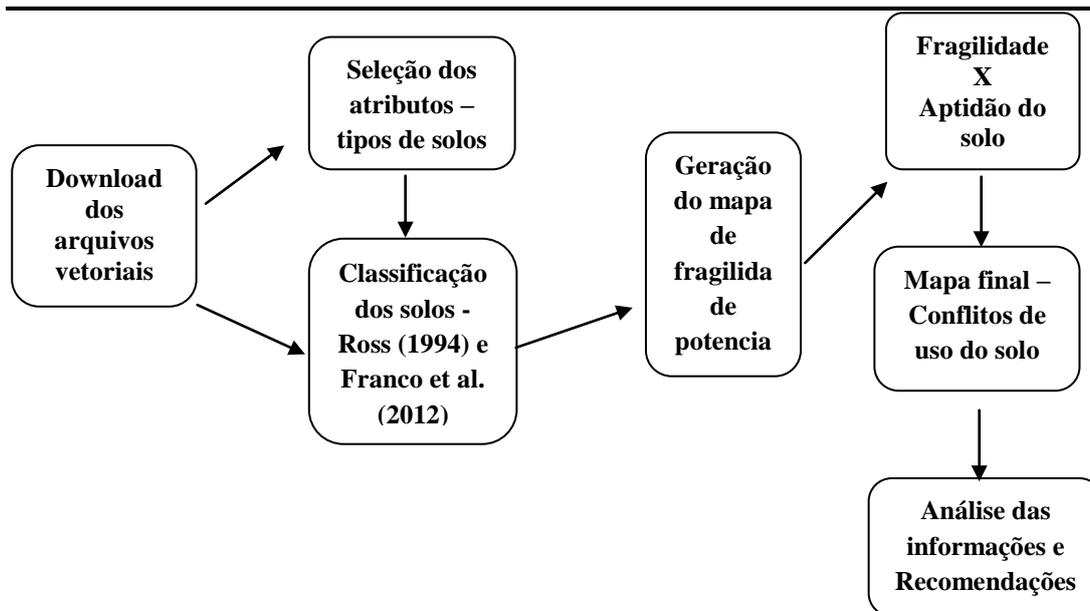


Figura 2. Estrutura dos processos realizados na análise da fragilidade ambiental dos solos do estado do Paraná.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais grupos de solos do Paraná, conforme indicado pelo mapa de solos do ITCG, estão resumidos com suas respectivas distribuições na Tabela 2.

Tabela 2. Tipos de solos encontrados no Paraná.

Grupos de solos	Área	
	Km ²	%
Afloramento de Rocha	1894	0,96
Argissolo	31120	15,82
Cambissolo	20786	10,57
Chernossolo	13	0,01
Espodossolo	859	0,44
Gleissolo	2500	1,27
Latossolo	61875	31,46
Neossolo	45381	23,07
Nitossolo	30923	15,72
Organossolo	1357	0,69
Total	196707	

Conforme pode ser observado, os Latossolos tiveram predominância de ocupação no Estado, seguido dos Neossolos e Argissolos, representando respectivamente 31,5%, 23,1% e 15,8% de toda a área estudada. Por meio da distribuição de tipologias específicas dos grupos de solo, é possível se obter um indicativo do resultado da classificação de fragilidade, onde quase metade da

área (46,5%) está ocupada por solos categorizados como de fraca a muito fraca fragilidade. Nascimento e Dominguez (2009) observaram essa baixa vulnerabilidade ambiental no predomínio de Latossolos e Argissolos em dois municípios da Bahia, e justificam seus resultados pela maior estabilidade, evolução e litologia apresentada por esses grupos edáficos. A Figura 3 apresenta portanto, a classificação das fragilidades potenciais dos solos.

A figura acima expõe a quantificação das áreas referentes ao mapa de fragilidade potencial gerado (Figura 3). Observa-se 47,28% da área estudada está nas classes de fragilidade fraca e muito fraca, correspondendo a aproximadamente 93 mil km², resultado da predominância de solos mais estáveis. A fragilidade forte e muito forte vem em segundo lugar, porém, bem representativa (33,3%), justificada pela boa distribuição dos Neossolos, que segundo Frazão et al. (2008) são solos intemperizados, com baixo teor de nutrientes e argila.

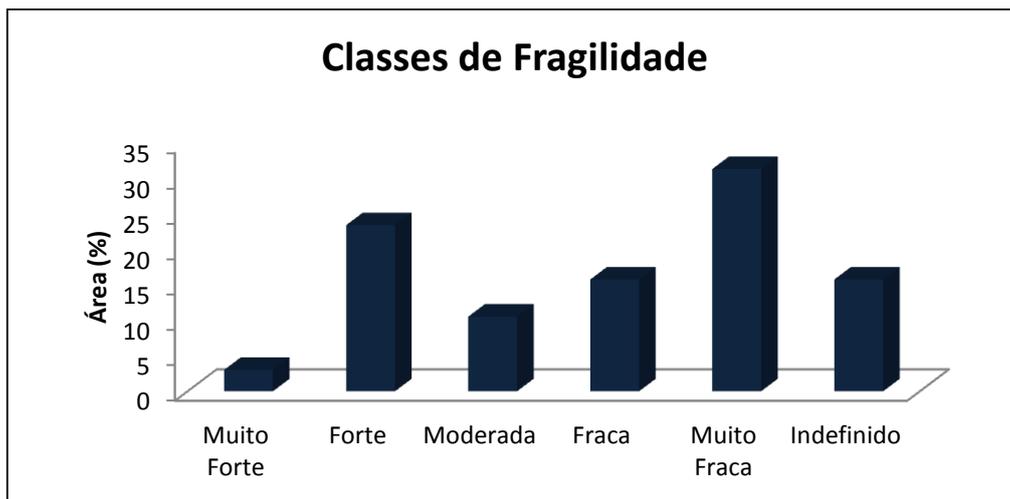


Figura 3. Representação gráfica das classes de fragilidade observadas em função da área ocupada.

Já a fragilidade moderada aparece com a menor proporção, ocupando 9,6% da área. Embora com uma amplitude diferenciada dos valores, os resultados para as classes de fragilidade fraca e muito fraca, enquanto maior representação, corroboram com os de Donha et al. (2006) estudando o Centro de Estações Experimentais do Canguiri em Pinhais – PR. Em complemento a essa análise dos dados, Maganhotto (2011) encontrou para a FLONA de Irati, valores de 53% para a classe de fragilidade potencial baixa, no entanto, para a classe média, observou-se que 26% da área total correspondia a classe média na FLONA de Irati.

O mapa resultante das classes de fragilidade para o Estado do Paraná está disposto na Figura 4.

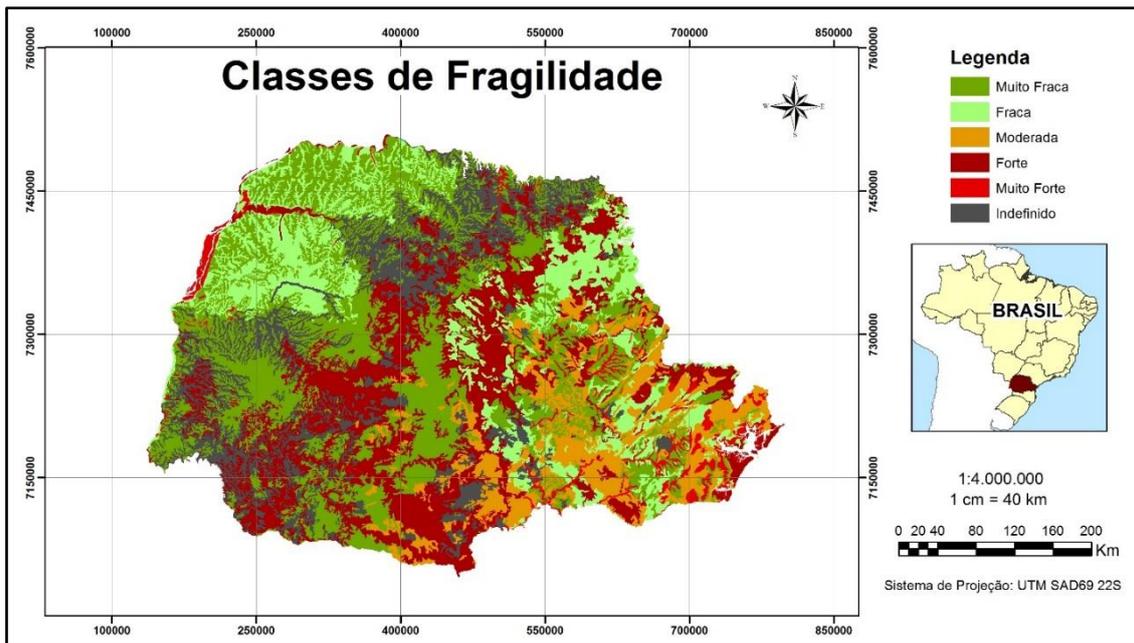


Figura 4. Mapa de fragilidade potencial dos solos do Paraná.

Ressalta-se ainda que a fragilidade potencial resulta principalmente da presença de solos suscetíveis aos processos erosivos, pois embora a declividade seja usualmente considerada nesses estudos, alguns autores concluíram que os solos são determinantes para a classificação da fragilidade ambiental (VASHCHENCO et al. 2007; SOARES et al., 2011).

É sabível que essa fragilidade preconizada pode ter seu desempenho de ação ampliado ou reduzido conforme a existência e/ou tipo de vegetação, considerando o papel da mesma como protetora dos solos. Assim, ao se ponderar a presença de florestas, é possível que ocorra uma alteração da conformação das classes, onde áreas que tenham sido classificadas como de forte ou muito forte fragilidade possam ser incluídas em moderadas ou fraca fragilidade. Essa premissa é mencionada por Tricart (1977), que considera a cobertura vegetal como um dos responsáveis pela estabilidade dos processos morfodinâmicos, com capacidade de frear as ações de degradação do solo.

A análise das informações geradas no mapa de fragilidade interpoladas com o mapa de aptidão do uso do solo para agricultura permitiram encontrar algumas divergências, apresentadas nas Figuras 5 e 6.

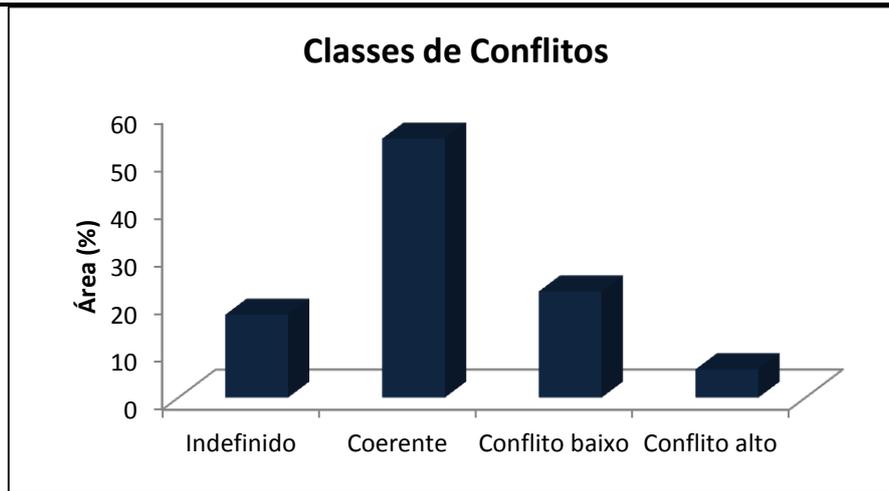


Figura 5. Percentual das classes de conflito encontradas para o uso do solo no estado do Paraná.

Os resultados do cruzamento das informações oriundas dos mapas revelaram conflitos em um total de 28,9% da área observada, com predominância dos conflitos baixos. Embora em menor representação, as áreas em que houve forte a muito forte fragilidade e foram consideradas como aptas ao uso consistiram em aproximadamente 12 mil km², indicando uma importante situação a ser gerenciada, tendo em vista a dimensão da área que está potencialmente sujeita a uso, quando pelas suas características de suscetibilidade, deveriam estar sendo preservadas.

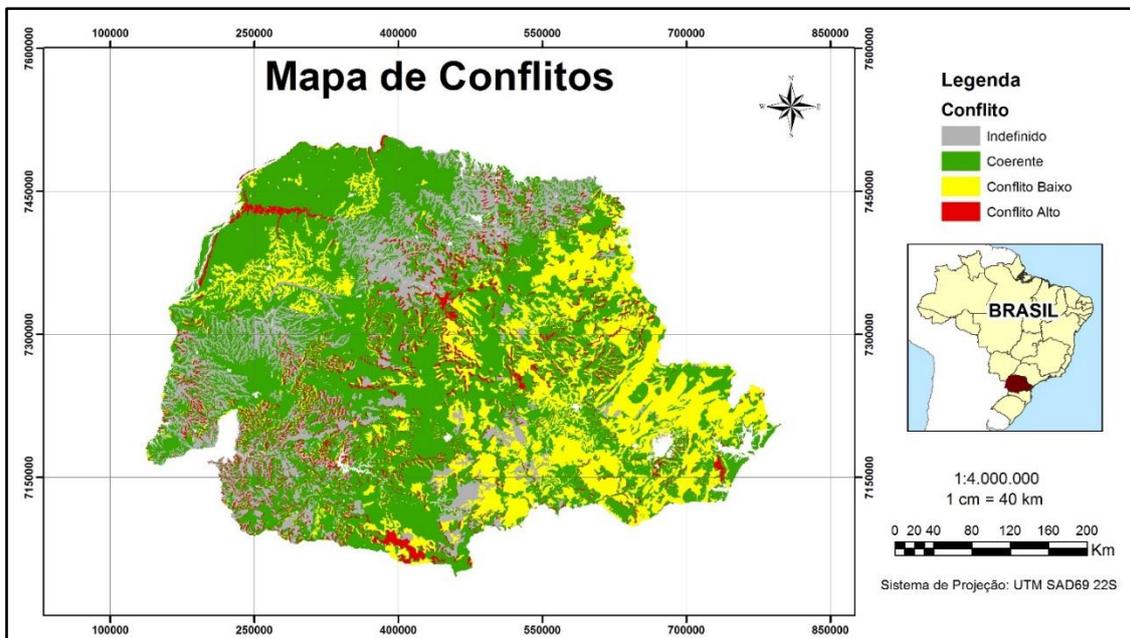


Figura 6. Mapa final representativo dos conflitos quanto ao uso da terra no estado do Paraná.

O estudo do meio físico em conjunto às características de uso e ocupação permite, de acordo com Franco et al. (2012), diagnosticar diferentes categorias da fragilidade ambiental, quantificando as

potencialidades e restrições. Desse modo, embora tenha havido uma correspondência entre aptidão e a determinação da fragilidade potencial em 55,6% do estado, sugere-se que constantes estudos sejam realizados valendo-se das facilidades e vantagens das ferramentas de geoprocessamento, visando reduzir ao máximo possíveis conflitos, com maior alcance de preservação de áreas, gerando indicadores ambientais de sustentabilidade dos recursos edáficos. Assim, esses estudos são importantes desde que possam ser usados como um norteador de políticas de gestão pública no planejamento das ocupações e uso do solo, compatibilizando o desenvolvimento econômico e as questões sociais com a preservação do meio ambiente.

CONCLUSÕES

Em relação à fragilidade dos solos, a maior parte destes possui de fraca a muito fraca fragilidade, em função da predominância dos grupos dos Latossolos e Argissolos.

Os mapas de fragilidade potencial e aptidão do solo conflitaram-se em parte da avaliação total (num somatório de 28,9%), e em (5,95%) observou-se conflito alto, demonstrando a necessidade de atenção acerca de áreas que necessitam ser preservadas.

Recomenda-se a necessidade de ampliação das análises e estudos sobre a temática proposta objetivando contribuir com o planejamento territorial num enfoque ambiental, reduzindo-se incertezas e erros quanto ao uso dos solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n.1, p.175-181, 2006.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L.; CHAGAS, C. S. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental na Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 42, p. 114-127, 2012. Suplemento 1.

FRAZÃO, L. A.; PÍCOLLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades Químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.5, p. 641-648, 2008.

GIMENES, F. B. Q.; AUGUSTO FILHO, O. Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG). In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu – PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2013, p. 6564-6571.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Goiânia, Brasil, 2005, p. 2203-2210.

NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.3, n. 39, p. 395-408, 2009.

MAGANHOTTO, R. F.; SANTOS, L. J. C.; OLIVEIRA FILHO, P. C. Análise da fragilidade ambiental como suporte ao planejamento do ecoturismo em unidades de conservação: estudo de caso Flona de Irati-PR. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 231-242, 2011.

RATCLIFFE, D. A. Criteria for the selection of nature reserves. **Advancement of Sciences**, v. 2, p. 294-296, 1971.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, 1994.

SOARES, M. R. G. J.; SOUZA, J. L. M.; JERSZURKI, D. Fragilidade ambiental da bacia do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Geografia**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 057-070, 2011.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p.39-49, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE/ SUPREN, 91 p. 1977.

VASHCHENCO, Y.; FAVERETTO, N.; BIONDI, D. Fragilidade Ambiental nos picos Camacua, Camapuã e Tucum, Campina Grande do Sul, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n.2, p. 201-215, 2007.

Artigo submetido em: 31/03/2014

Artigo aceito em: 15/08/2014