

Os Índices de Representação do Relevo como Suporte para o Zoneamento Ambiental de Unidades de Conservação – Estudo de Caso da Floresta Nacional de Irati

The Indices Representing the Relief as a Support to Environmental Zoning of Conservation Areas - Study Case of Irati National Forest.

Ronaldo Ferreira Maganhotto *

Marciel Lohmann**

Luis Cláudio de Paula Souza***

Leonardo José Cordeiro Santos****

Resumo:

A presente pesquisa propôs a utilização dos Índices de Representação do Relevo como suporte na determinação do Zoneamento Ambiental. De posse dos índices e de uma proposta de zoneamento (baseada no uso do solo) da área, realizou-se a Tabulação Cruzada, demonstrando a (in)compatibilidade entre as Classes Limitantes (resultante dos índices) e a tipologia de atividades previstas para as Classes de Zoneamento. O cruzamento destas informações mostrou coerência, entre as atividades e grau de fragilidade nas Zonas de Uso Público, Especial, de Conservação, de Uso Restrito e Intangível. No entanto, a retirada da cobertura vegetal, prevista para a Zona de Manejo, pode desencadear problemas erosivos, devido suas condições clinográficas e pedológicas.

* Turismólogo, Doutor em Geografia pela UFPR. Professor da Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO)

** Prof. Dr. da Universidade Estadual de Londrina – Departamento de Geociências

*** Prof. Dr. da Universidade Federal do Paraná - Departamento de Solos e Engenharia Agrícola.

**** Prof. Dr. da Universidade Federal do Paraná - Departamento de Geografia

Abstract:

This research proposed the use of Indices Representing the Relief as support to determine the Environmental Zoning. With the indices and a zoning proposal (based on land use) area, was realized the Cross Tabulation, showing the (in) compatibility between Limiting Classes (resulting of the indices) and the type of activities planned for Zoning classes. The crossing of this information showed coherence between activities and degree of fragility in Public Use Zones, Special Conservation, Restricted Use and Intangible. However, the removal of vegetation cover, planned for the Management Zone, can initiate erosion problems, because the slope and soil conditions.

Palavras-chave:

Planejamento Ambiental,
Lógica Fuzzy,
Áreas Protegidas

Key-Words:

Environmental Planning,
Fuzzy Logic,
Protected Areas

INTRODUÇÃO

A inexistência de uma regulamentação específica as áreas protegidas, a necessidade de preservação e conservação de recursos naturais, de espécies da biota e de populações tradicionais, contribuíram para criação da lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

O SNUC sistematiza as designações e questões jurídicas relacionadas às unidades de conservação, UC's, direcionando sua gestão em âmbito local, regional e nacional.

O Plano de Manejo, documento técnico, previsto para as UC's deve apresentar o planejamento estratégico e demais orientações para a gestão da unidade. Além da caracterização ambiental local e de entorno, o Plano estipula o Zoneamento Ambiental como medida determinante à proteção do ambiente, devido à adequação das aptidões da área às atividades previstas para determinada categoria de unidade de conservação (SNUC, 2000).

No entanto, uma parcela das UC's brasileiras não dispõe do plano de manejo. No caso das Florestas Nacionais (FLONAs) apenas 32% da categoria possui o referido documento, sendo que sua inexistência e ou desatualização compromete o trabalho dos gestores e o cumprimento dos objetivos em parte das unidades (ICMBio, 2012).

Além disso, grande parte das áreas protegidas nacionais possui problemas relacionados a usos conflitantes, a regulamentação fundiária e a necessidade de informações que caracterizem as variáveis físicas (rede de drenagem, declividade, solos, entre outras).

Buscando resolver estas dificuldades, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) publicou uma série de Roteiros Metodológicos para a Elaboração de Planos de Manejo, onde o Zoneamento Ambiental configura-se como linha mestra para sua execução. Apesar de direcionarem as ações e apontarem os critérios a serem considerados para o zoneamento, os roteiros não esclarecem quais variáveis devem ser utilizadas em sua elaboração. Apesar de apontarem a Variabilidade e a Susceptibilidade Ambiental como critérios, os roteiros não indicam as variáveis pertinentes a aquisição destas informações.

No entanto, é inquestionável o entendimento das variáveis físicas, como uso do solo, hidrografia, informações clinográfica e pedológicas na elaboração destes documentos. Santos (2004) menciona a quantificação e espacialização de informações inerentes à geomorfologia e pedologia como fatores preponderantes na análise das

UC's.

Neste propósito os Índices de Representação do Relevo (IRR), obtidos a partir do Modelo Numérico do Terreno (MNT), são amplamente utilizados para obter informações relacionadas à geomorfologia e pedologia. Desta forma, entende-se que a quantificação e espacialização de índices relacionados à altitude (Altitude Above Channel Network, AACN), a declividade e comprimento de rampa (Slope e LS Factor), a umidade (Wetness Index, WI) e a erosão (Multi Resolution Index of Valley Bottom Flatness, MRIVBF), vão de encontro a esta demanda.

A caracterização destes atributos, possibilitam a identificação de áreas com diferentes graus de limitação de uso, contemplando, em partes, a variabilidade e a suscetibilidade ambiental, apontados como critérios de zoneamento dos Roteiros Metodológicos para Elaboração de Plano de Manejo de Galante et al. (2002) e Gonçalves et al. (2009). Maganhotto (2013) confirmou esta abordagem e ressaltou a correlação existente, em seu objeto de estudo, entre as características pedológicas e o processamento dos IRR.

O Plano de Manejo da FLONA de Irati, aprovado em Dezembro de 2013, teve como base as orientações previstas contidas em Gonçalves et al. (2009), contudo, entende-se a necessidade de informações complementares fundamentando o planejamento e a gestão da unidade.

A Floresta Nacional de Irati abrange uma área de 3.618 ha, entre os municípios de Teixeira Soares e Fernandes Pinheiro, a 150 km de Curitiba e 9 km de Irati (Figura 1). Objeto de estudo de diferentes pesquisas, cabe aqui mencionar os trabalhos de Maganhotto et al. (2013) e Mazza (2006), descritos, respectivamente.

O primeiro trata da aplicação dos índices de representação do relevo como ferramenta de suporte no planejamento ambiental de unidades de conservação. Menciona a possibilidade de refinamento das informações pedológicas e o estabelecimento de Classes Limitantes, categorizando a Fragilidade Física Ambiental da área.

O segundo além de caracterizar a paisagem da Micro Região Colonial de Irati, propôs o Zoneamento Ambiental da FLONA de Irati. De posse desta pesquisa, verificou-se que a proposta de zoneamento baseou-se no grau de conservação da vegetação e que está fortemente atrelada ao uso do solo da unidade.

Entendendo a necessidade de uma análise integrada das variáveis físicas para determinação do Zoneamento Ambiental, atrelando o uso do solo as especificidades geo-

morfológicas e pedológicas, a presente pesquisa tem como objetivo geral demonstrar a aplicação dos IRR no estabelecimento do Zoneamento Ambiental, utilizando-se da comparação entre o produto resultante do processamento destes atributos (Classes Limitantes, apontadas por Magalhães et al. (2013) e as Classes de Zoneamento proposto por Mazza (2006).

Neste contexto, as informações resultantes da presente análise contribuem para delineamentos metodológicos e, também, para as futuras atualizações do Plano de Manejo e do Zoneamento Ambiental.

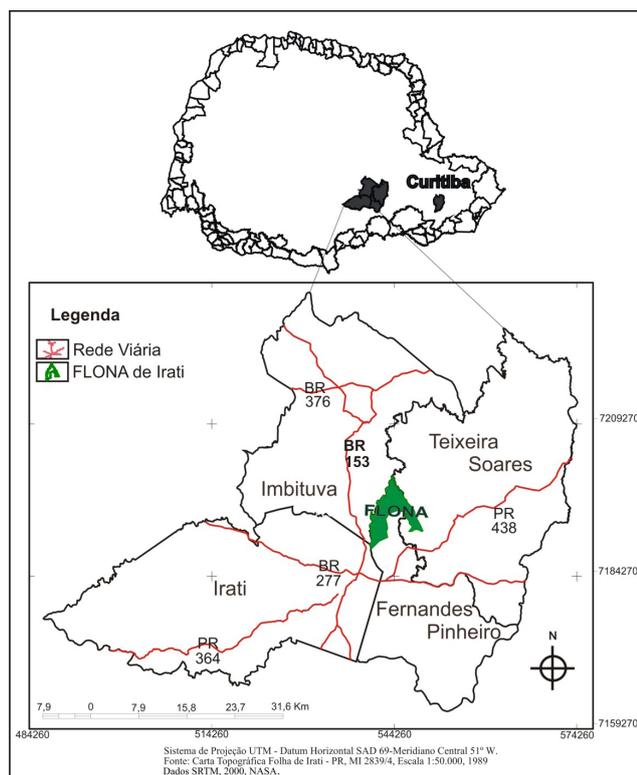


Figura 1- Localização FLONA de Irati
Organizado: Autores, 2015

1. ZONEAMENTO AMBIENTAL: SUAS LIMITAÇÕES E A DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO COMO UMA ABORDAGEM COMPLEMENTAR.

O zoneamento ambiental, apresentado nos planos de manejo das UC's, configura-se como a delimitação de zonas homogêneas a fim de orientar a utilização racional dos recursos de determinada unidade.

Atualmente, muitas das áreas protegidas no mundo dispõem deste documento, mas nem sempre estes se encontram atualizados ou com qualidade adequada para orientar uma boa gestão (Dourojeanni, 2005).

No Brasil, a preocupação com o planejamento das unidades de conservação data de 1977, década em que foram realizados os primeiros planejamentos para Parques Nacionais. No final dos anos 1980, estes estudos foram pensados para algumas FLONA's da região Sul. No entanto, fatores como alto custo financeiro e a baixa participação das equipes na elaboração dos planos comprometeram os resultados almejados (Bezerra, 2004).

O Plano de Manejo é definido pelo SNUC (2000, p. 2) em seu Capítulo I, Art. 2º e parágrafo XVII como:

[...] documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade.

Galante et al. (2002), Chagas et al. (2003), Ferreira et al. (2004) e Gonçalves et al. (2009) citam, em seus Roteiros Metodológicos Para a Elaboração de Plano de Manejo, diversos aspectos importantes para o planejamento e gestão das UC's, e dentre eles está a realização de um zoneamento, com intuito de adequar determinados usos e práticas a locais pré-determinados.

O conceito de zoneamento amplamente utilizado é o que se encontra no Capítulo I, Art. 2º XVII da Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

[...] definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz (Brasil, 2000).

Galante et al. (2002) e Gonçalves et al. (2009) classificam alguns critérios para a delimitação do Zoneamento Ambiental, os quais seguem descritos.

- i. Físicos Mensuráveis ou Espacializáveis;
- ii. Singularidade da UC;
- iii. Valores para conservação;
- iv. Vocação de Uso ou Situações Pré-Existentes;
- v. Ajustes para a Localização e os Limites das Zonas;
- vi. Identificação da Zona de Amortecimento.

Apesar de apontados os critérios para o estabelecimento do zoneamento, as publicações de Galante et al. (2002), Chagas et al. (2003) Ferreira et al. (2004)

e Gonçalves et al. (2009) não especificaram variáveis e parâmetros a serem considerados em cada critério, assim à determinação do zoneamento é aberto.

Ao consultar os roteiros percebe-se claramente a preocupação de uma análise integrada dos elementos no processo de zoneamento, porém a não determinação de critérios, parâmetros e grau de importância das variáveis avaliadas dificultam a consistência dos julgamentos (Marques e Nucci, 2007).

Miara (2011) evidenciou, nessas publicações, aspectos negativos que podem refletir no zoneamento e conseqüentemente no plano de manejo das UC's. Segundo o autor, estes, limitam-se a descrição e não ao estabelecimento da correlação entre os aspectos hidrológicos, geomorfológicos e demais condicionantes físicos de uma unidade. Mencionam a relevância no levantamento da variabilidade ambiental no processo de zoneamento, mas não indicam critérios para se definir suas classes. Reportam-se a utilização das técnicas de geoprocessamento, da compilação de mapas temáticos, da sobreposição de informações espaciais e de um banco de dados geográficos, mas não trazem uma metodologia que ajude a delinear tal procedimento.

Desta feita, a não existência de uma definição clara quanto aos procedimentos adotados compromete a veracidade e ou precisão dos resultados obtidos neste processo.

Vários autores reconhecem que:

o planejamento ambiental deve ser feito segundo uma visão integradora do meio, e que o zoneamento é sua linha mestra. Apesar disso, ele é geralmente concebido a partir de modelos estruturados de forma subjetiva. O zoneamento utiliza muito pouco às abordagens quantitativas e raramente parte de uma análise metodológica multivariada. Alguns autores têm enfatizado a necessidade de desenvolver estratégias metodológicas que efetivem resultados quantitativos e mais bem relacionados ao meio (Silva e Santos, 2004, p. 221).

Neste contexto, existe a necessidade de um método que possa auxiliar no zoneamento e conseqüentemente no planejamento das unidades.

Tal fato impulsionou novas abordagens relacionadas ao estabelecimento das zonas de manejo, como alternativas auxiliares ao processo de Zoneamento Ambiental.

Nesse sentido, os Índices de Representação do Relevo, tornam-se alternativa de suporte à obtenção de dados referentes aos aspectos físicos, das UC's.

A utilização dos IRR, como instrumento de análise ambiental, ganhou destaque na década de 90. A pos-

sibilidade de uma avaliação em ambiente computacional, a partir do Modelo Numérico do Terreno, MNT, e correlação dos mesmos com a geomorfologia e seus processos, impulsionaram sua aplicação às pesquisas ambientais (Moore et al., 1993, Giles e Franklin, 1998; Ippoliti, 2005).

Os IRR permitem a caracterização das formas e compartimentação do relevo, a identificação de áreas propícias à erosão e a sedimentação e o levantamento da distribuição dos solos na paisagem, justificando, assim, sua relevância em estudos relacionados ao planejamento ambiental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Compilação dos Mapas Temáticos

A elaboração do mapa de localização apoiou-se na carta topográfica de 1:50.000, folha SG.22-X-C-I-4, MI: 2839/4 – Ministério do Exército impressão 1989; na imagem de satélite SPOT com resolução de 5m, anos base 2005/2006.

De posse das curvas de nível com 10m de equidistância, obtidas com auxílio do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), gerou-se o MNT, o qual teve como interpolador, B-Spline Approximation do Software System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA, 2005).

A possibilidade de correlação dos índices com os processos geomorfológicos e parâmetros pedológicos, justificaram o processamento do MNT para obtenção dos seguintes índices: Altitude Above Channel Network (AACN), Wetness Index (WI), Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness (MIVBF), Slope e Ls Factor.

O mapa de zoneamento foi gerado a partir da digitalização do zoneamento ambiental proposto por Mazza (2006).

A espacialização das Classes Limitantes, derivada do processamento dos atributos topográficos teve como base os procedimentos metodológicos adotado por Magalhães et al. (2013) e descrito na seqüência.

Caracterização e Processamento dos Índices de Representação do Relevo

A Altitude Above Channel Network, AACN, representa a distância vertical da célula em questão em relação à célula mais próxima localizada na rede de drenagem. Valores pequenos de AACN indicam locais em que o lençol freático pode estar mais próximo da superfície do solo, sendo caracterizadas como zonas de acumula-

ção (BÖHNER et al., 2002). Os valores intermediários indicam zonas de transferência de material, geralmente nos locais de maior declive (encostas), enquanto valores maiores indicam condições mais elevadas da superfície geomórfica (possíveis zonas de perda de material) (BÖHNER et al., 2002).

O Wetness Index, WI, descreve a tendência de uma célula acumular água. Assim, maiores valores de WI indicam maior tendência de acumular água e, portanto, maior conteúdo de água no solo. (GRUBER; PECKHAM, 2009).

O Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness, MIVBF, foi projetado para mapear áreas de sedimentação e deposição na paisagem. Define e distingue os fundos de vale de encostas e combina diferentes paisagens em um único índice (ROBERT et al., 1997; GALLANT; DOWLING, 2003; WANG; LAFANT 2009).

Mckergow et al. (2007) utilizaram o valor 0,5 como limiar para a identificação da variação do relevo. Locais com MIVBF menor que 0,5 reportam-se às encostas; valores maiores que 0,5 e menores que 1 correspondem a pequenos fundos de vale; e maiores que 1 a fundos de vale maiores.

O Slope é definida por Burrough (1986) como sendo um plano tangente à superfície, expresso como a mudança de elevação sobre certa distância, normalmente calculada em graus ou em porcentagem.

O LS Factor representa o efeito da topografia sobre a erosão (quanto maior o LS, maior o potencial erosivo), e reproduz o efeito combinado do comprimento e grau de declive da encosta. Bertoni e Lombardi-Neto (1990) o definem como a relação esperada de perdas de solo por unidade de área, em um declive qualquer, comparada às perdas de solo correspondente em uma parcela unitária padrão de 25 metros de comprimento, com 9% de declividade.

2.2 A Lógica Fuzzy e Análise por Múltiplos Critérios no Estabelecimento das Classes Limitantes

A padronização Fuzzy tem por finalidade colocar todas as imagens das variáveis consideradas na análise, em uma mesma escala, para tornar possível a integração de todos os dados (SOUZA et al., 2005, p. 142).

Após análise da variável e entendimento de uma representação adequada foi definido a tipologia de função (F), (linear, j-amoldado, sigmoidal), a curva (C), (crescente ou decrescente) e o ponto de inflexão (PI). Os dados foram re-

classificados em uma escala contínua de 255 níveis, onde os valores próximos a 0 representam as condições não desejadas e os valores próximos a 255 assumem condições mais adequadas. Os parâmetros estabelecidos seguem apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros adotados na Lógica Fuzzy.

IRR	F/ C /PI	CARACTERIZAÇÃO	CONDIÇÃO EM CAMPO	REFERÊNCIA
AACN	j-amoldado/ crescente/ 2.	Até 2 – valor 0. Acima de 2 – assumem uma crescente até 255.	Até 2 – valores associados a áreas sujeitas a constantes inundações	Maganhotto (2013)
WI	j-moldado/ decrescente/ 8.	Até 8 – valor 255. Acima de 8 - há um decréscimo até 0.	Acima de 8 – valores associados a solos saturados.	Prates (2010).
SLOPE	j-moldado/ decrescente/ 15%.	Até 15% - valor 255. Acima de 15% - há um decréscimo até 0.	Acima de 15% - valores associados a condições mais restritivas.	Lepch (1991).
MIVBF	j-moldado/ simétrico/0,5 e 2,5.	Até 0,5 – assumem uma crescente até 255. De 0,5 a 2,5 – valor 255. Acima de 2,5 - há um decréscimo até 0.	Até 0,5 - associados a erosão. Acima de 2,5 - associados a sedimentação.	Mckenzie e Gallant (2007). Maganhotto et al. (2013).
LS FACTOR	j-moldado/ decrescente/ 4.	Até 4 – valor 255. Acima de 4 - há um decréscimo até 0.	Acima de 4 - propensão a erosão.	Mansor et al. (2002).

Em seguida, efetuou-se a ponderação através da comparação pareada entre os fatores (WEBER e HASENACK, 1999). O processo resulta em um peso para cada fator e uma avaliação de consistência da comparação pareada. A razão de consistência (Consistency Ratio - CR) informa ao usuário sobre inconsistências ocorridas durante a atribuição dos pesos. Segundo Saaty e Vargas (1991), a CR não pode ser superior a 0,1, caso ocorra faz-se necessário reavaliar o processo. A Tabela 2 ilustra a comparação pareada, o estabelecimento da variável de maior relevância e os respectivos pesos.

Tabela 2 – Valores estabelecidos na comparação pareada

IRR	MRVB F	TWI	LS	AACN	SLOP E	PES OS	Razão de consistência: 0,00 (aceitável)
MRVBF	1					0,322 8	
TWI	1/2	1				0,291 6	
LS	1	2	1			0,153 6	
AACN	1/2	1	1/2	1		0,153 6	
SLOPE	1/5	1/2	1/3	1/2	1	0,078 4	

Fonte: Software Idrisi Andes

O maior peso para o MRVBF se justifica por sua relação com a erosão e sedimentação. A identificação de áreas suscetíveis à erosão e à deposição auxilia na determinação de

zonas mais restritivas destinadas ao uso indireto dos recursos naturais.

O *Ls Factor*, como produto da relação entre a declividade e comprimento de rampa vem em segundo, configurando-se como um indicativo de áreas com baixo, médio e alto potencial erosivo (MANSOR et al., 2002).

O *TWI* e o *AACN* tiveram mesmo peso, por se tratarem de variáveis complementares na indicação de áreas sujeitas ao acúmulo de água e a inundações. Ao associar estes fatores a declividade pode-se identificar áreas com solos mal drenados, além disso, por estarem relacionados à drenagem auxiliam no planejamento de programas de conservação da mata auxiliar e também, como os demais atributos citados, na prevenção de assoreamentos dos rios.

Apesar de sua influência direta sobre o processo erosivo, a Declividade teve menor peso para não favorecer áreas planas relacionadas à deposição como as várzeas com alto índice de umidade e acúmulo de água. Entende-se que o relevo plano não garante a inexistência de limitações de uso.

O último passo no processo de agregação dos fatores foi a aplicação da regra de decisão, utilizando-se o método de agregação por múltiplos critérios (*Multi Criteria Evaluation – MCE*) através da *Combinação Linear Ponderada (Weight Linear Combination – WCL)*, onde cada fator é multiplicado por seu peso, resultando em uma mapa variando de 0 a 255, onde os valores próximos a 0 apresentam locais com limitação alta e os valores próximos ou iguais a 255 apresentam áreas de limitação baixa. Com a análise visual do histograma da imagem, verificou-se a distribuição dos valores em quatro grupos, fato que fundamentou a reclassificação da imagem em 4 classes, denominadas de Classes com Limitação Muito Baixa, Baixa, Média e Alta.

2.3 A Aplicação da Tabulação Cruzada para a Correlação das Classes Limitantes ao Zoneamento Ambiental

A tabulação cruzada proporciona a análise das variáveis pela superposição de mapas, considerando todas as combinações possíveis entre as variáveis X e Y (MASSAD et al., 2004).

Para Neto (2004), a tabulação cruzada é entendida como uma tabela de informações de duas ou mais variáveis que são consideradas conjuntamente. A soma dos totais marginais das linhas ou das colunas fornece o total geral, que é o número total de observações no conjunto de dados bivariados (NOWATZKI, 2013).

A tabulação cruzada foi realizada entre as Classes de Zoneamento proposta por Mazza (2006) (Intangível, Uso

Especial, Uso Público, Conservação, Uso Restrito e de Manejo) com as Classes de Limitação de Uso (Limitação Muito Baixa, Baixa, Média e Alta).

Deve-se ressaltar que tanto a Zona de Amortecimento quanto a Zona Conflitante foram desconsideradas nesta tabulação. A primeira por se tratar de uma área externa ao perímetro e dependente da condição evidenciada no entorno de cada unidade, para a FLONA de Irati esta zona abrange um entorno imediato de 1 km de distância. E a segunda por relacionar-se à rede elétrica, estrutura de difícil alteração locacional e que, independente das variáveis consideradas no processo de zoneamento, sempre apresentará uma função conflitante aos objetivos da unidade.

3. RESULTADOS

3.1 A Aplicação dos Índices de Representação do Relevo à Determinação de Classes Limitantes

Maganhotto et al. (2013) considerando a correlação destes atributos com os processos geomorfológicos, parâmetros pedológicos e características das vertentes, demonstrou sua aplicabilidade à obtenção de áreas com diferentes graus de limitação de uso (Figura 2).

A Classe com Limitação Alta compreende 845,95 há, alta propensão à sedimentação, erosão e ao acúmulo de água. As médias dos valores registrados para os atributos, indicam o predomínio de áreas com alto potencial erosivo, fato constatado pelas médias do *Slope* de 12,8%, do *LS Factor* de 5,9 e do *MRIVBF* de 0,4. No entanto, há locais caracterizados pela sedimentação e acúmulo de água, afirmação fundamentada pelos valores máximos de *MRIVBF* e *WI*.

Prevalece na classe com Limitação Média, distribuída em aproximados 1277,75 ha, problemas relacionados ao acúmulo de água e à sedimentação, e os valores médios de 9,6 do *WI* e de 2,1 de *MRIVBF* confirmam esta condição. No entanto, cabe ressaltar que as áreas localizadas na região sudeste da unidade registraram, para o *MRIVBF*, valores indicativos de superfícies de erosão. Os valores mínimos de *MRIVBF* e máximos do *Slope* e *LS Factor* reforçam estas ocorrências.

Por sua vez, as classes de Limitação Muito Baixa e Baixa ocupam em torno de 1494,35 ha, equivalentes a um percentual de 41,3% da unidade. Não registraram correlações problemáticas relacionadas aos processos erosivos, sedimentação e de umidade, configurando-se como as áreas da unidade de menor restrição e de melhor aptidão ao uso, aptas tanto às atividades de uso direto, quanto às de uso indireto.

As classes de Limitação Média e Alta elencam 2123,7 ha correspondentes a 58,7% da FLONA, devem ser destina-

das as atividades de uso indireto e de baixo impacto vinculado à pesquisa, a visitação e educação ambiental, salvaguardando estas áreas do desencadeamento e aceleração dos impactos ambientais.

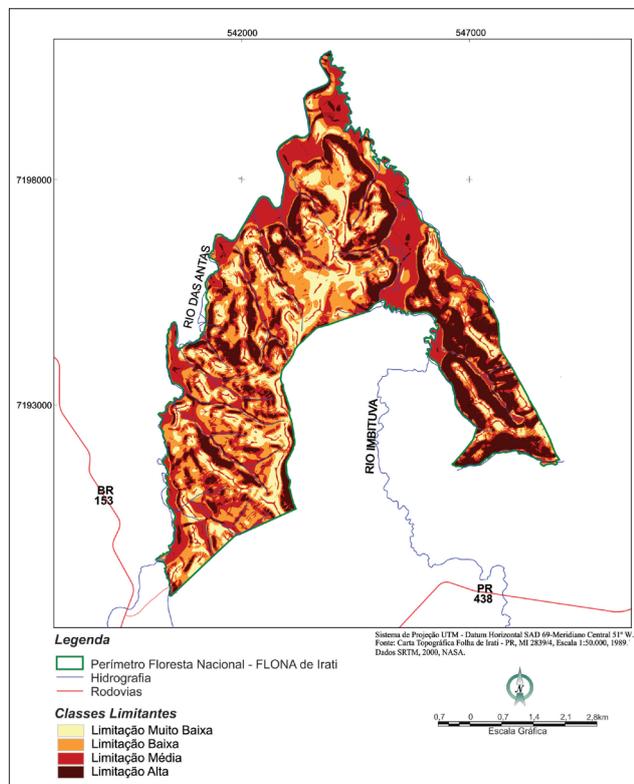


Figura 2 – Classes de Limitação.
Fonte – Autores, 2013

A delimitação destas classes expõe as restrições físicas da FLONA de Irati direcionando seu uso de forma racional e equilibrada. Para Mcharg (2000), a paisagem é intrínseca e sua capacidade de manutenção, mediante uma determinada forma de uso, está relacionada às suas aptidões e limitações.

3.2 Correlação das Classes Limitantes com a Proposta de Zoneamento Ambiental de Mazza (2006)

O cruzamento das Classes Limitantes com a proposta de Zoneamento Ambiental proposta por Mazza (Figura 3), permitiu avaliar as correlações existentes entre as atividades admitidas e a limitação e aptidão das áreas recorrentes a cada zona. A Tabela 3 elenca as possíveis correlações entre as classes e apresenta em hectare as áreas correspondentes.

A Zona Intangível destina-se preservação da natureza, dedicando-se à proteção integral dos ecossistemas, não sendo tolerada qualquer alteração humana (GONÇALVES et al., 2009).

Mazza (2006) delimitou essa zona considerando as

várzeas dos Rios das Antas e Imbituva, seus afluentes e vegetação associada (Figuras 4 e 5). Conforme o autor, o significado ecológico destas áreas está associado aos habitats com altos valores de produtividade primária, disponibilizados para a cadeia trófica aquáticas e terrestres.

Ao tabular a Zona Intangível com as Classes Limitantes verificou-se para essa zona o predomínio de classes de Limitação Média e Alta correspondendo, respectivamente a 404,61 ha e 114,75 ha, que somadas totalizam um percentual de 81,6% da zona.

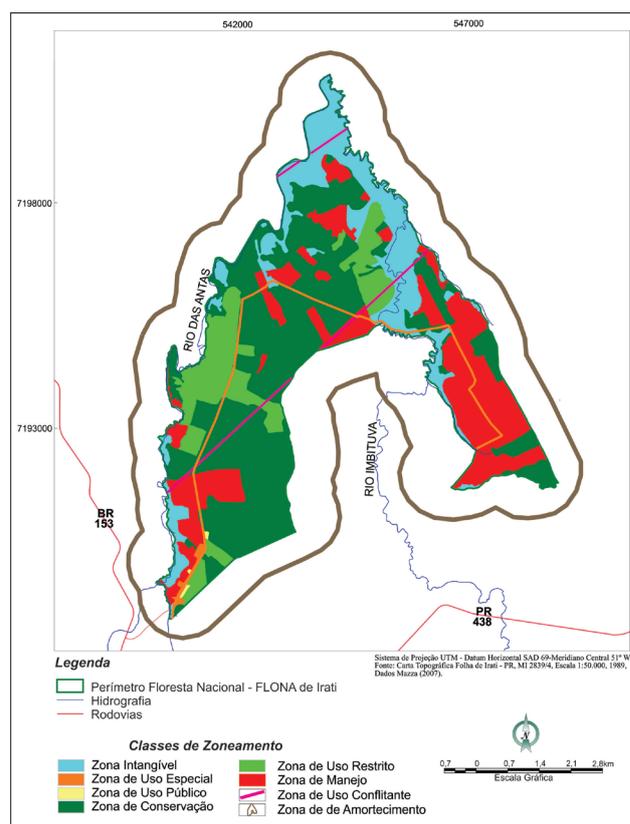


Figura 3- Zoneamento Ambiental FLONA Irati
Fonte: Mazza (2006)

Tabela 3: Tabulação cruzada Zoneamento Ambiental Mazza (2006) com Classes Limitantes

CLASSES DE ZONEAMENTO MAZZA (2006)	CLASSES LIMITANTES				TOTAL
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	
Intangível	24,04	91,96	404,61	114,75	635,37
Uso Especial	3,43	5,20	5,09	0,47	14,20
Uso Público	0,20	1,70	2,75	0,45	5,11
De conservação	300,76	508,34	496,62	308,39	1614,13
Uso Restrito	107,28	135,38	136,83	93,75	473,25
Manejo Florestal	144,54	171,48	231,83	328,12	875,98
TOTAL	580,27	914,08	1277,75	845,95	3618,06

Fonte – Autores, 2013

As atividades admitidas para esta zona, caracterizam-se pelo uso indireto dos recursos naturais, entende-se que o

desenvolvimento de pesquisas, educação ambiental e visita-ção controlada, previstas para esta área demonstram compati-bilidade com seu grau de limitação. Assegurando, assim, a preservação dos locais de maior fragilidade, associados a sedi-mentação, ao acúmulo de água e aos Gleissolos. A disposição das Classes Limitantes na Zona Intangível segue apresentada na Figura 6.

A Zona de Uso Especial corresponde às áreas de ad-ministração, manutenção e serviços da unidade (GONÇAL-VES et al., 2009). Além de dar suporte às atividades adminis-trativas, sua infraestrutura apóia a realização de pesquisas e demais atividades. Mazza (2006) considerou para o delinea-mento dessa zona as edificações e estradas destinadas ao uso administrativo, manutenção e serviços existentes na área.



Figura 4 - Zona Intangível - vista aérea (X: 544.094; Y: 7.200.001 UTM)
Fonte – Mazza (2006)



Figura 5 - Zona Intangível vista do interior.(X: 545.662; Y: 7.196405 UTM)
Fonte – Acervo FLONA

Com a tabulação contatou-se o predomínio dessa

zona nas três primeiras classes limitantes, com cerca de 97%. O fato de não estar sobreposta a Classe de Limitação Alta, não elimina o monitoramento das ações relacionadas à infra-estrutura, controlando consequências inerentes à existência, restauração e ou construção das mesmas. Frente à necessida-de de alteração no perímetro desta zona, deve-se priorizar, se possível, áreas periféricas da unidade inseridas nas classes de Limitação Muito Baixa e Baixa.

A Zona de Uso Público deve ser mantida o mais pró-ximo do natural, devendo conter infraestrutura, facilidades e serviços de apoio à atividade de visitação (GONÇALVES et al., 2009).

Desta forma, Mazza (2006) definiu seu perímetro baseando-se no grau de conservação e na presença de in-fraestruturas existentes compatíveis com a visitação pública, recreação e educação ambiental. Praticamente toda a zona si-tua-se em condições ambientais aptas às atividades admitidas, como a utilização das trilhas interpretativas presentes na zona (Figura 7).

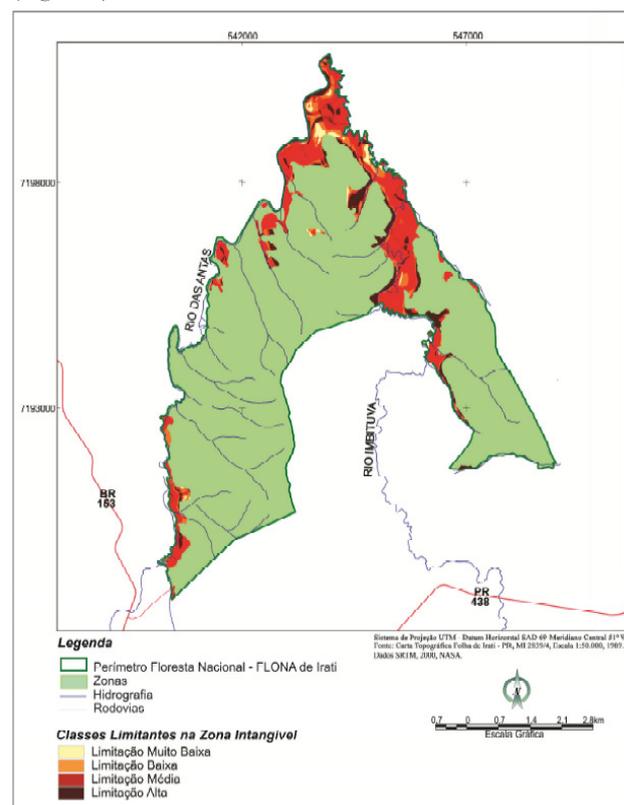


Figura 6 – Distribuição das Classes Limitante na Zona Intangível.
Fonte: Autores, 2013.

Pode-se afirmar que a compatibilidade entre as ativi-dades inerentes a zona e seu grau de limitação, possibilita a utilização racional dos recursos, proporcionando o exercício do lazer e da educação ambiental de forma harmônica com

o ambiente.

A Zona de Conservação caracteriza-se pela pequena ou mínima intervenção humana, contendo espécies ou fenômenos naturais de valor científico (GONÇALVES et al, 2009). Mazza (2006) enquadrou nessa zona os remanescentes da Floresta Ombrófila Mista (Figura 8).



Figura 7 - Trilhas Interpretativas (X: 540.684; Y: 7.189.142 UTM)
Fonte - Maganhotto, 2013.



Figura 8 - Zona de Conservação (X: 541.884; Y: 7.192.431 UTM)
Fonte - Maganhotto, 2013.

A Zona de Conservação encontra-se disposta nas quatro classes limitantes, e sua característica restritiva, admitindo apenas atividades de pesquisa e educação ambiental controlada, contribuem para assegurar a preservação de sua área, principalmente àquelas, inseridas nas classes de Limitação Média, 496,62 ha, e Alta, 308,39 ha, que somadas compreendem 50% da zona.

A Zona de Uso Restrito teve como base para sua delimitação os talhões de plantio de araucária. Destina-se à recomposição da paisagem, sendo admitido apenas o desenvolvimento de pesquisas e de visitas guiadas (MAZZA, 2006).

Assim como a zona anterior encontra-se associada às quatro classes limitantes e seu caráter restritivo assegura sua preservação. Vale a pena destacar que 49% de sua área situa-se nas classes de Limitação Média e Alta, ocupando respectivamente 136,83 ha e 93,75 ha. Estas características podem ser verificadas nas Figuras 9, 10 e 11.



Foto 9 - Zona de Uso Restrito - vista superior (X: 541.336; Y: 7.193.991 UTM)
Fonte - Mazza (2006).

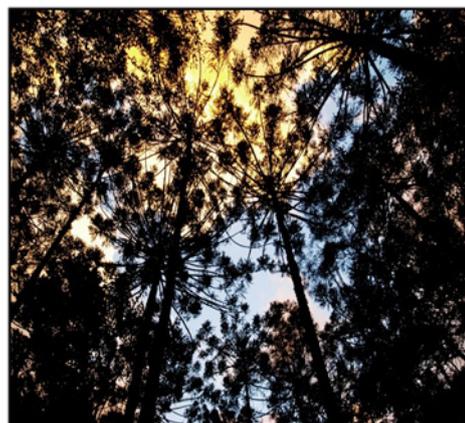


Foto 10 - Zona de Uso Restrito- vista interior (X: 545074; Y: 7.195.747 UTM)
Fonte - Acervo FLONA

A Zona de Manejo Florestal compreende áreas de floresta nativa ou plantada com potencial econômico para o manejo dos recursos florestais. A pesquisa, a educação ambiental e as atividades de lazer, também, estão previstas para essa zona (GONÇALVES et al., 2009). Na FLONA de Irati,

é ocupada por plantio de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* L. (Figura 12), e tem como diretriz de manejo a retirada da exótica para recomposição gradual de espécies nativas (MAZZA, 2006).

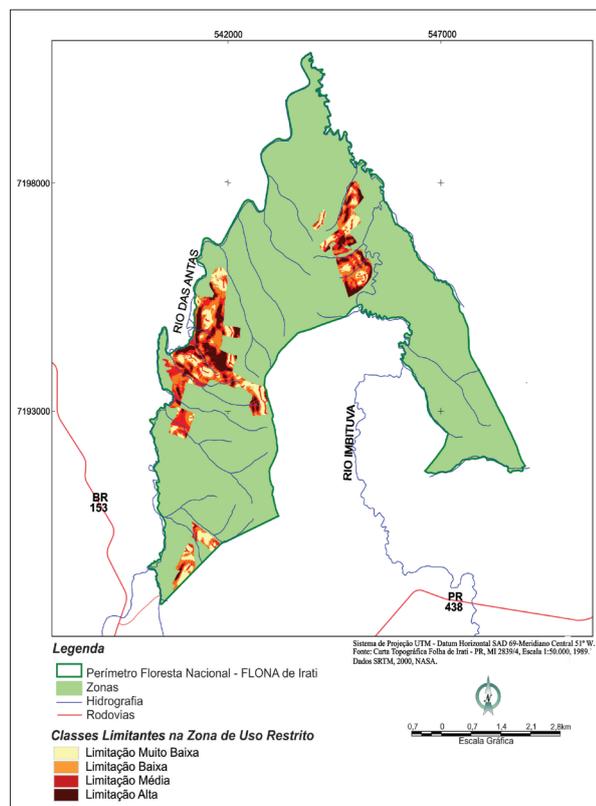


Figura 11 - Distribuição das Classes Limitantes na Zona de Uso Restrito.

Fonte: Autores, 2013.

Esta zona se encontra distribuída nas quatro classes Limitantes. Prevalcem para esta zona as classes de Limitação Média e Alta, as quais correspondem, respectivamente, 231,83 ha e 328,12 ha, totalizando um percentual de 64%. A Figura 13 representa espacialmente a distribuição das classes Limitantes na Zona de Manejo.

Evidencia-se para esta zona incompatibilidade entre a atividade de caráter direto (exploração madeireira) e suas limitações. Verifica-se para as classes de Limitação Média e Alta valores extremos de WI, MRIVBF e LS Factor, denotando seu grau de fragilidade e a necessidade de uma atividade de baixo impacto, assegurando a manutenção das variáveis físicas que a compreendem.

A remoção da cobertura vegetal das áreas vinculadas às classes de Limitação Média e Alta contrapõe sua aptidão e se executada poderá desencadear a erosão, potencializando a perda dos solos, o assoreamento dos rios e outros impactos no entorno da área de retirada.

O cenário preocupa e certifica a necessidade de planejamento da extração do *Pinus*, reforçando que o mesmo deve ser removido gradualmente e de forma controlada para que tal ação não venha potencializar a degradação nestas áreas.

Após a retirada das espécies exóticas, as Classes Limitantes devem auxiliar no delineamento das Diretrizes de Manejo, orientando a recomposição de espécies nativas, assim como o planejamento de reincorporação destas áreas a outras zonas, assegurando sua conservação, por meio de um uso pertinente às aptidões e limitações da unidade.



Figura 12 - Zona de Manejo.(X: 547.934; Y: 7.193.219 UTM)

Fonte – Acervo FLONA

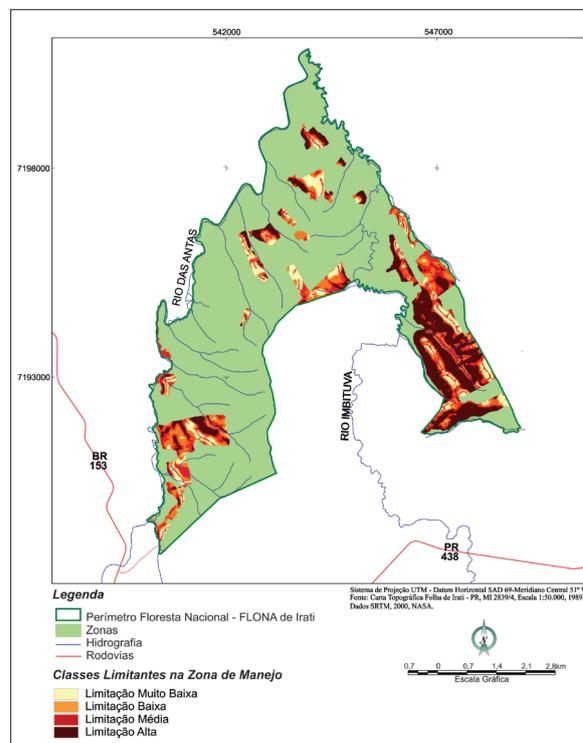


Figura 13 – Distribuição das Classes Limitantes na Zona de Manejo.

Fonte: Autores, 2013.

Com a análise via tabulação cruzada, pode-se observar para a Zona Intangível, de Uso Especial e de Uso Público, coerência entre atividades admitidas e respectivas limitações. A Zona de Conservação e de Uso Restrito não apresentou incoerência de uso, mas parte de suas áreas (50% e 51%, respectivamente), reportam-se às Classes de Limitação Muito Baixa e Baixa conciliáveis a zonas permissivas. Para a Zona de Manejo, evidenciou-se o contrário, 64% da zona não condizem com o uso direto, mas com uso indireto inerente às zonas restritivas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a elaboração de um Zoneamento Ambiental e Plano de Manejo faz-se necessário tomadas de decisão fundamentadas no conhecimento da dinâmica natural e no entendimento das funções, limitações e potencialidade da natureza.

Neste sentido, as metodologias de planejamento subsidiando a gestão racional das UC's, devem caracterizar os elementos naturais, assegurando que a intervenção humana não venha a desencadear e ou acelerar problemas de ordem ambiental.

Diante da gama de funções inerentes as FLONA's, sente-se a necessidade da seleção de critérios e procedimentos metodológicos que caracterizem os aspectos geomorfológicos, clinográficos e pedológicos. O levantamento e a caracterização destes elementos proporcionam a identificação das limitações e aptidões de uso, fundamentando o estabelecimento do Zoneamento Ambiental para estas unidades.

O processamento dos IRR caracterizou o relevo e a drenagem por meio do processamento do AACN, WI, MRI-VBF, Slope e LS Factor, a quantificação e espacialização destes atributos resultaram em informações recorrentes as características pedológicas, confirmando-se a aplicabilidade dos IRR como variáveis para a obtenção da Variabilidade Ambiental. A síntese destes atributos, seguindo como parâmetro os limites identificados por Mansor et al. (2002), Mckenzie e Gallant (2007), Prates (2010) e Lin et al. (2006), e a determinação dos respectivos pesos, utilizando-se da rotina Fuzzy, resultou em classes com diferentes graus de limitação, contemplando a Suscetibilidade Ambiental da FLONA de Irati. Além da Variabilidade e Suscetibilidade Ambiental o processamento do AACN, WI, MRI-VBF, Slope e LS Factor, enquadram-se como elementos auxiliares nos critérios de ajustes recorrentes à delimitação da Zona de Amortecimento.

Verificou-se por meio da tabulação cruzada a não correlação entre as Classes Limitantes e o Zoneamento Ambiental proposto por Mazza (2006), pois esta associação identificou a não compatibilidade entre as atividades inerentes a

cada zona com o grau de limitação de uso da unidade.

Além de auxiliar no delineamento das zonas a partir da Variabilidade e Suscetibilidade Ambiental e no planejamento das zonas estabelecidas a partir de outro critério, os IRR podem auxiliar no reordenamento futuro das zonas. Exemplo disso é a área da FLONA com plantio de Pinus, que após sua retirada deverão ser realocadas em zonas menos ou mais permissivas de acordo com sua classe limitante.

Para situações nas quais outro critério agiu como fator determinante à delimitação da zona, os IRR auxiliam no planejamento das atividades admitidas, como o evidenciado na Zona de Manejo da proposta de Mazza (2006), em que as informações obtidas com o processamento desses atributos devem contribuir com o planejamento da retirada dessa vegetação, assim como na recomposição gradual das espécies nativas e reincorporação da área em outra(s) zona(s).

Desta forma, o processamento e aplicação dos IRR mostraram-se adequados ao planejamento de UC's, tanto como instrumento auxiliar na delimitação e estabelecimento das zonas, quanto no planejamento e manejo de suas respectivas atividades.

Neste contexto, fica claro que as tomadas de decisão relacionadas à gestão das UC, devem estar baseadas ao conhecimento detalhado dos aspectos naturais e que as informações recorrentes aos IRR e os procedimentos metodológicos apresentados nesta pesquisa, se mostraram relevantes, mediante a quantificação e espacialização de informações imprescindíveis ao processo de zoneamento, confirmando, assim, o apontamento de Guerra e Cunha, (1994) e Blaszczyński (1997).

Confirmou-se, também, como abordagem complementar, as análises de caráter qualitativo relacionadas ao grau de conservação e biodiversidade, certificando que “estudos temáticos isolados não condizem com as inúmeras e complexas relações a serem consideradas no zoneamento” (MARRQUES; NUCCI, 2007).

Faz-se necessária uma avaliação detalhada e conjunta dos aspectos naturais e antrópicos, de modo que as variáveis, parâmetros e respectivos pesos sejam antecipadamente discutidos e testados, minimizando, assim, a influência do conhecimento tácito e julgamentos contraditórios.

Portanto, se o Zoneamento Ambiental for orientado, o uso das suas terras serão otimizados, impedindo a subutilização de áreas menos suscetíveis, e a degradação das mais limitantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, M. B. *et. al.* Roteiro metodológico para gestão de áreas de proteção ambiental – APA. Brasília:

- IBAMA, 2001.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BEZERRA, M. Planejamento de unidades de conservação. In: **Oficina de plano de manejo – módulo I**. Florianópolis: IBAMA, 2004.
- BLASZCZYNSKI, J. S. “Landform characterization with Geographic Information Systems”. **Photogr. Cong. Remote Sens.**, v. 63, p. 183-191, 1997.
- BÖHNER, J.; KÖTHE, R.; CONRAD, O.; GROSS, J.; RINGELER, A.; SELIGE, T. “Soil Regionalization by Means of Terrain Analysis and Process Parameterisation”. In: MICHELI, E.; NACHTERGALE, F.; MONTANARELLA, L. (Ed.). **Soil Classification 2002. European Soil Bureau – Research Report**, n. 7, EUR 20398 EN, Luxembourg, p. 213-222, 2002.
- BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação do Brasil (SNUC). Brasília: Senado Federal, 2000. Disponível em: <<http://www.senado.org.br>>. Acesso em: 21/8/2012.
- CHAGAS, A. L. G. A. **Roteiro metodológico para a elaboração de plano de manejo para florestas nacionais**. Brasília: IBAMA, 2003.
- DOUROJEANNI, M. **Plano de manejo I, 2 de setembro de 2005**. Disponível em: http://www.oeco.com.br/marc-dourojeanni/16368-oeco_13689. Acesso em: 02/12/2010.
- FERREIRA, L. M. *et. al.* **Roteiro Metodológico para elaboração de Plano de Manejo para reservas Particulares do Patrimônio Natural**. Brasília: IBAMA, 2004.
- GALANTE, M. L.V.; BESERRA, M. M. L.; MENEZES, E. O. **Roteiro metodológico de planejamento: Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica**. MMA / IBAMA, Edições IBAMA, 2002. Disponível em: www.ibama.gov.br. Acesso em: 20/08/2006.
- GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. “Primary topographic attributes”. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain Analysis: Principles and applications**. New York: John Wiley, 2000.
- GILES, P. T.; FRANKLIN, S. E. An automated approach to the classification of the slope units using digital data. **Geomorphology**, Amsterdam, v.21, p.251-264. 1998.
- GONÇALVES, A. R.; FERNANDES, C. H. V.; PENTEADO, D.; VELOSO, V. **Roteiro metodológico para a elaboração de plano de manejo para florestas nacionais**. Brasília: ICMBio, 2009.
- GRUBER, S.; PECKHAM, S. “Land-surface parameters and objects in hydrology”. In: HENGL, T.; REUTER, H.I. (Eds.). **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications**. Amsterdam: Elsevier, 2009.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia uma Atualização de Bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1994.
- HUDSON, B. D. “The soil survey as a paradigm-based science”. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 836-841, 1992.
- ICMBio. **Banco de Dados** - Diretoria de Criação e Manejo de Unidades de Conservação. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2012.
- IPPOLITI, R. G. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; GAGGERO, M. R.; SOUZA, E. “Análise digital de terreno: Ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de “mar de morros” (MG)”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 269-276, 2005.
- LEPCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação, 2ª. Imp. rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1991.
- LIN, H.S.; KOGELMANN, W.; WALKER, C.; BRUNS, M.A. “Soil moisture patterns in a forested catchment: A hydrogeological perspective”. **Geoderma**, v. 131, p. 345-368, 2006.
- MAGANHOTTO, R. F.; SANTOS, L. J. C. dos; SOUZA, L. C. de P. Míara. M. A.; LEMES, P. H. S. “A aplicação dos Índices de Representação do Relevo como ferramenta de suporte no planejamento ambiental de unidades de conservação”. **Revista Geografar**, v. 8, n. 2, p. 205 – 236, Curitiba, 2013.

- MAGANHOTTO, R. F. **A Utilização dos Índices de Representação do Relevo como Suporte ao Zoneamento Ambiental de Unidades de Conservação: Estudo de Caso Floresta Nacional de Irati.** 2013. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós Graduação em Geografia. UFPR, Curitiba – PR.
- MANSOR, M.T.C.; FERREIRA, L.; ROSTON, D.M.; TEIXEIRA FILHO J. Parâmetro para avaliação do potencial de risco de erosão. In: Simpósio Regional De Geoprocessamento E Sensoriamento Remoto, I., 2002. **Anais...** Aracaju/SE, 17 e 18 de outubro de 2002.
- MARQUES, A. C.; NUCCI, J. C. “Planejamento, Gestão e Plano de Manejo em Unidades de Conservação”. **Revista Ensino e Pesquisa**, v. 4, p. 33-39, União da Vitória, 2007.
- MASSAD, E.; MENEZES, R. X.; SILVEIRA, P.S.P.; ORTEGA, N.R.S. **Métodos quantitativos em Medicina.** São Paulo: Manole, 2004.
- MAZZA, C. A. da S. **Caracterização da paisagem da Microregião Colonial de Irati e zoneamento da Floresta Nacional de Irati, PR.** São Carlos: UFSCar, 2006, 147p.
- McHARG, I. L. **Proyectar com la Naturaleza.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA, 2000. 198p.
- MCKENZIE, N. J.; GALLANT, J. C. “Digital soil mapping with improved environmental predictors and models of pedogenesis”. **Developments in Soil Science**, v. 31, 2007.
- MCKERGOW, L.A.; GALLANT, J.C.; DOWLING, T.I. “Modelling wetland extent using terrain indices, Lake Taupo”, NZ. In: **International Congress on Modelling and Simulation**, Christchurch, 10-14 December 2007.
- MIARA, M. A. **Planejamento e gestão de unidade de conservação: proposta de modelo metodológico.** 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós Graduação em Geografia. UFPR, Curitiba – PR.
- MOORE, I. D.; GESSLER, P. E.; NIELSEN, G. A.; PETERSON, G. A. “Soil attribute prediction using terrain analysis”. **Soil Science Society of America Journal, Madison**, v. 57, n. 2, p. 443-452, 1993.
- NETO, P.V. **Estatística descritiva: Conceitos básicos.** São Paulo, 2004.
- NOWATZKI, A. **A utilização de atributos topográficos no mapeamento preliminar de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno, Antonina/PR.** 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós Graduação de Geografia. UFPR, Curitiba – PR
- PABLO, C. T. L. de. “Cartografia ecológica: conceptos e procedimientos para la representación espacial de ecosistemas”. **Boletín de la Real Sociedad Española de la Historia Natural Sección Geológica**, Madrid, v. 96, n. 1/2, p. 57-68, 2000.
- PRATES, V. **Utilização de índices para representação da paisagem como apoio para levantamento pedológicos em ambiente de geoprocessamento.** 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo, UFPR, Curitiba – PR,
- RODRIGUES, E. *et. al.* **Plano de Manejo de uso múltiplo das Reservas Extrativistas Federais.** Brasília: IBAMA, 2004.
- SAATY, T. L.; VARGAS, L.G. **Prediction, Projection and Forecasting.** Kluwer Academic Boston, MA, USA, 1991.
- SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SILVA, J. S. V. da; SANTOS, R. F. dos. “Zoneamento para planejamento ambiental: Vantagens e restrições de métodos e técnicas”. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, maio/ago. 2004.
- SILVEIRA, C. T. **Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: Integração de atributos topográficos em Sistemas de Informações Geográficas e redes neurais artificiais.** 2010. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós Graduação de Geografia. UFPR, Curitiba – PR.
- SOUZA, L. C de P.; SIRTOLI, A. E.; LIMA, M. R.; DONHA, A. G. “Estudo do Meio Físico na Avaliação de Bacias Hidrográficas Utilizadas como Mananciais de Abastecimento”. In : ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados.** Curitiba: SANEPAR – Finep, 2005. 500 p.

WEBER, E. J.; HASENACK, H.O Uso do SIG no Ensino de Ciências Ambientais. In: Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, V., 1999, Salvador/BA. **Anais...** Salvador/BA, 1999.

.

Correspondência dos autores:

Ronaldo Ferreira Maganhotto
e-mail: ronaldomaganhotto@gmail.com

Marciel Lohmann
e-mail: marciel_lohmann@yahoo.com.br

Luis Claudio de Paula Souza
e-mail: lcsouza@ufpr.br

Leonardo José Cordeiro Santos
e-mail: santos.ufpr@gmail.com

Artigo recebido em: 08/05/2016

Revisado pelos autores em: 01/08/2016

Aceito para publicação em: 05/08/2016