

Modelo de Avaliação de Potencial de Risco a Invasão em Faixas de Servidão de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica

Acad. Julia Cucco¹
M. Eng. Flávio Boscatto²
Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira³
Profa. Dra. Mariane Alves Dal Santo⁴

UDESC – Laboratório de Geoprocessamento - Geolab
Centro de Ciências Humanas e da Educação - FAED
Av. Madre Benvenuta, 2007 - Itacorubi - Florianópolis - SC
CEP 88.035-001 - Fone: (48) 3321-8542 - Fax: (48) 3321-8501
juliacucco@yahoo.com.br¹, flavioboscatto@gmail.com²,
chicoliver@yahoo.com.br³, m4rid4ls4nto@yahoo.com.br⁴

1. Introdução

No Brasil a energia gerada nas usinas hidrelétricas ou termoeletricas é distribuída através de Linhas de Transmissão de energia elétrica, conhecida também como LT.

Para o bom funcionamento das LT's uma série de medidas devem ser tomadas como: manutenção de cabos, verificação dos equipamentos das sub-estações, entre outros. Além da manutenção em campo que as LT's recebem é necessário um planejamento e acompanhamento da ocupação territorial de seu entorno.

A energia é distribuída em diferentes voltagens, quanto maior a voltagem maior é a área reservada para faixa de segurança. Esta faixa de segurança, chamada também de faixa de servidão é uma área abaixo da LT onde a utilização da terra é restrita. Esta restrição se dá por motivos de segurança e para garantir o acesso das equipes de manutenção às torres que sustentam os cabos da LT.

No estado de Santa Catarina a empresa geradora e transmissora de energia elétrica, Eletrosul Centrais Elétricas S/A, diagnosticou em visitas de campo ocupações irregulares nas faixas de servidão, detectando construções e edificações em locais restritos.

Essa ocupação territorial, principalmente com a expansão urbana, se apresenta de forma cada vez mais freqüente e na maioria dos casos há dificuldade em acompanhar temporalmente a ocupação irregular. A partir desse diagnóstico surgiu a necessidade de se desenvolver uma pesquisa onde a empresa Eletrosul pudesse se antecipar nas ações, visando coibir a ocupação irregular, principalmente nos locais próximos às torres e abaixo da LT, onde a ocupação passa a ser restrita por risco exposto pelo entorno.

A ocupação irregular causa danos diretos à população que ocupa a área, bem como indiretos por se tratar de transmissão de energia, e desta forma, é considerado de suma importância o constante monitoramento para que efetivamente se mantenha livre de ocupação.

A área na qual foi feito o estudo piloto está localizado no trecho da Usina Termoeletrica Jorge Lacerda, no município de Capivari de Baixo até a sub-estação de transmissão de energia elétrica no município de Palhoça. O trecho faz parte do Estado de Santa Catarina e é gerenciado pela empresa Eletrosul Centrais Elétricas do Sul do Brasil. A linha de transmissão estudada passa por sete municípios em sua extensão –

Capivari de Baixo, Imaruí, Imbituba, Garopaba, Laguna, Palhoça e Paulo Lopes – localizados no litoral-sul destacados na Figura 1.

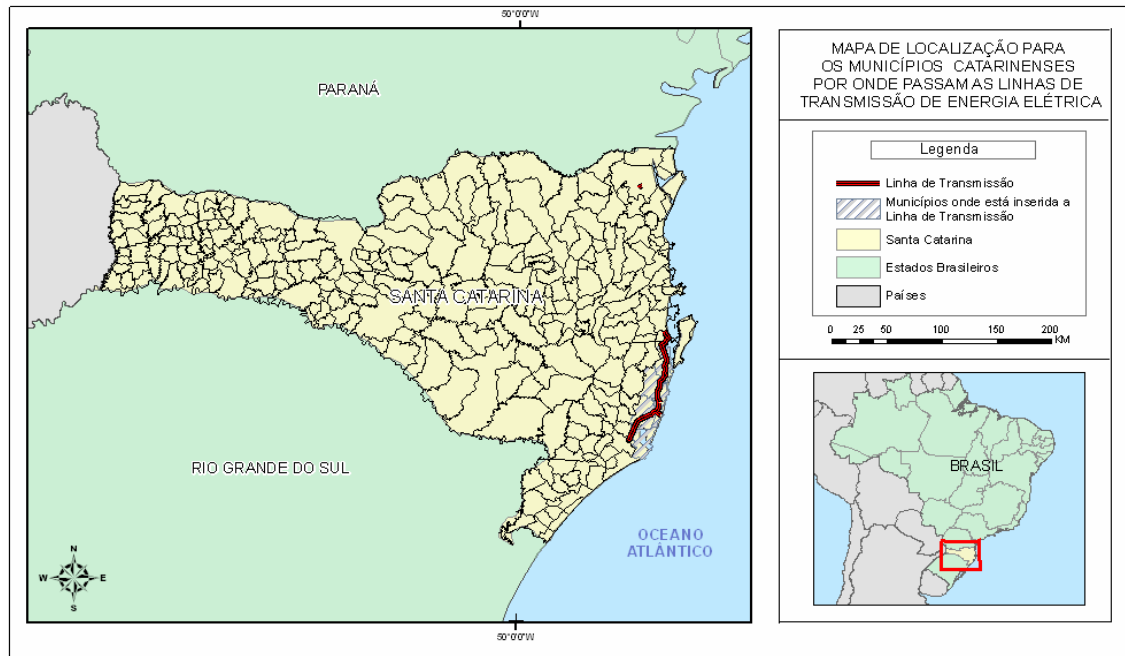


Figura 1: Mapa de localização dos municípios percorridos pela linha de transmissão de energia no trecho: Capivari de Baixo – Palhoça - SC.

2. Faixa de Servidão

Segundo Normas Brasileiras específicas sobre Linhas de Transmissão de energia elétrica que regulam o uso e a ocupação do solo, devem-se preservar as áreas próximas às torres e um corredor limitado por linhas paralelas às LT's. Esta área é chamada faixa de segurança. O tamanho da faixa de segurança varia de acordo com a tensão transmitida pelas linhas - quanto maior a tensão, maior a largura da faixa de servidão e conseqüentemente maior a área de ocupação restrita, conforme ilustra a Figura 2.

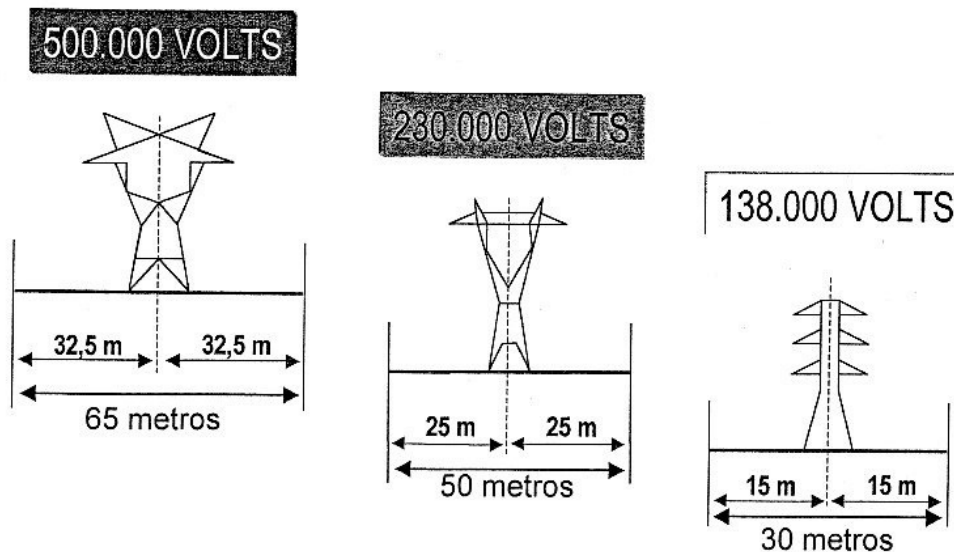


Figura 2: Largura da faixa de segurança (servidão) que deve ser isenta de ocupação conforme a voltagem da energia que passa pela linha.

Neste estudo, a linha de transmissão entre Capivari de Baixo e Palhoça estava sob a tensão de 138 KV (138.000 volts) e segundo a descrição da Norma 5422, a faixa de segurança destas áreas restritas à ocupação deve respeitar quinze metros a partir da fase da LT, ou seja, uma área de quinze metros para cada lado da torre, totalizando um corredor de trinta metros de largura ao longo da LT.

A faixa de segurança é sub-dividida em três classes A, B, C onde a restrição do uso tem algumas distinções, quanto mais próximo das torres mais restrito é o uso do solo.

Diversos são os possíveis riscos quando essas áreas não permanecem livres de ocupação. A faixa de segurança existe para regularizar a linha de transmissão e esta área deve ser mantida sem ocupação, uma vez que se tornam conscientes os possíveis danos. A figura 3 mostra a utilização indevida da faixa de segurança ocupada por edificações e permanência humana.



Figura 3: Torre, LT e área edificada na faixa de servidão em Palhoça - SC.

A utilização da faixa de segurança deve ser precedida de análise e aprovação por parte da empresa de energia elétrica mesmo que para atividades permitidas, tais como cultivo de hortas; cultura de flores; cultura de plantas ornamentais; ajardinamento e pomares, com espécies de no máximo 3 metros de altura. A tabela 1 mostra as proibições quanto ao uso da faixa de segurança segundo o Manual de Manutenção da Eletrosul, que de maneira geral restringe as atividades que promovam a permanência e aglomeração de pessoas.

Tabela 1: Atividades proibidas na faixa de segurança. Segundo Manual de Manutenção da Eletrosul adaptado pelos autores.

Setores compartimentados por área ou atividades de interesse	Respectiva utilização proibida na faixa de segurança
Âmbito Rural	Cultura de cana de açúcar; realização de queimadas, Benfeitorias associadas às atividades e pecuárias; Atividades agrícolas; Instalações elétricas e mecânicas em propriedades rurais; Pesque-pague; Açudes.
Âmbito Urbano	Edificações; Loteamentos; Quadras ou campos; Praças e parques em geral; Paradas para ônibus; Áreas industrial, comercial, cultural; estacionamentos; Depósitos de materiais.
Sistema de Infra-estrutura	Ruas, redes de água e esgoto, rede elétrica rede de comunicação.
Atividades Extrativas	Exploração de jazidas e execução de serviços de terraplenagem.

De maneira geral, as faixas de segurança são ocupadas indevidamente muitas vezes pela falta de informação correta, ou ainda pelas facilidades de ocupação, tais como proximidade de vias de acesso, terreno propício à ocupação, considerando tipos de relevo e/ou urbanização adjacentes.

A proposta sugerida por este estudo visa facilitar o monitoramento da Eletrosul nas LT's, direcionando a atenção da empresa à transmissão de energia nas áreas mais propensas à ocupação.

A geração do modelo matemático desenvolvido na pesquisa trata de uma metodologia que provê dados para orientar análises com a finalidade de monitorar e também prevenir a ocupação territorial em áreas não permitidas, através da avaliação de locais com potencial risco à invasão. Esta informação foi obtida pela pesquisa e união de variáveis que permitiram inferir a propensão à ocupação.

3. SIG Aplicado

O trabalho da avaliação da propensão foi estruturado no Sistema de Informações Geográficas – SIG, sendo o trabalho desenvolvido com dados espaciais através de imagens de satélites orbitais e de radar; contudo as torres e a LT foram georreferenciadas no *Datum SAD 69 (South American Datum 1969)*, sistema de coordenadas geodésicas e estruturadas em banco de dados espacial para o gerenciamento da faixa de segurança.

Para se desenvolver as análises partiu-se primeiramente pela decisão das variáveis que fariam parte da metodologia. Estas variáveis trabalhadas no ambiente SIG foram selecionadas pela relação que possuem com a propensão à ocupação. A propensão foi pensada pelos fatores físicos, naturais ou cristalizações que motivam uma ocupação para que esta se dê em determinada área em detrimento de outra.

Neste contexto as variáveis definidas foram: declividade do terreno, distância entre as torres que suportam a linha de transmissão de energia elétrica, distância das áreas analisadas, vias terrestres e por último, a proximidade da ocupação já existente na faixa de segurança.

A declividade do terreno influi na ocupação pela dificuldade que se apresenta em ocupar terrenos íngremes. Quanto mais inclinado o terreno menor será a propensão à ocupação.

A distância entre as torres foi outra variável escolhida para contribuir com a análise do terreno, pois parte-se do pressuposto de que a ocupação a princípio se dê longe das torres de transmissão e a isso se deve a importância para estimar a propensão à ocupação.

O distanciamento das vias também permite uma relação da propensão à ocupação, pois esta tende a ser mais expressiva quanto mais próxima está das vias.

Um mapeamento do uso e ocupação do solo também integrou estas variáveis, pois se considerou que o uso já praticado na região influencia os futuros usos das áreas próximas a exemplo das áreas de solos expostos, que suscitam de modo expressivo a intenção de ocupação quando comparadas com áreas de mata fechada.

4. Materiais e métodos

Os materiais e métodos aplicados na avaliação da propensão à invasão da faixa de servidão estão apresentados em entrada de dados e processamento de dados.

4.1 Entrada de Dados

Os dados de entrada para a avaliação da propensão à invasão da faixa de servidão foram:

- ❑ Imagem de satélite *Quickbird*;
- ❑ Imagem de relevo SRTM;
- ❑ Normas específicas do setor elétrico (NBR 5422 e específica da Eletrosul);
- ❑ Dados vetoriais das torres e LT;
- ❑ Dados vetoriais do uso e ocupação do solo.

4.2 Processamento de dados

O processamento de dados foi realizado através do *software ArcGis* versão 9.2 e *Erdas Imagine* versão 9.1. O *software ArcGis* foi utilizado para o trabalho de dados vetoriais, banco de dados e análise espacial, o *software Erdas* foi utilizado para o processamento de imagem como: ortorretificação da imagem *Quickbird* e geração da declividade através de dados de altimetria (*raster*).

5. Planejamento e definição das variáveis e pesos envolvidos no método.

Foi estruturado um banco de dados geográficos chamado *Geodatabase* através do aplicativo do *ArcCatalog* do *ArcGis*. Após a estruturação do *geodatabase*, as torres foram localizadas geograficamente e editadas através da imagem de satélite de alta resolução *Quickbird* e da ferramenta *Editor* do *ArcGis*.

Depois de editadas as torres, a diretriz da LT foi traçada e conseqüentemente foi possível definir a faixa de servidão e a área de estudo destinada ao mapeamento do uso do solo.

O objetivo do método aplicado foi gerar um modelo matemático através da definição das variáveis no local onde foi instalada a LT, considerando o método da atribuição dos pesos às feições. Assim, os valores numéricos variaram em cinco gradações, no qual o valor 1 foi atribuído a menor propensão estabelecida em razão das outras feições, e o peso 5 representou a máxima propensão para as classes de cada variável.

No caso específico da variável de uso e ocupação do solo os valores se repetiram, por se tratar de mais de 5 classes, mas para as demais variáveis, as classes de cada uma destas foram distribuídas em 5 intervalos e cada um recebeu um valor único conforme a propensão à ocupação.

Independente dos pesos individuais, a metodologia também contou com os pesos por variáveis, destacando a importância de cada variável em detrimento de outra por porcentagens no resultado final.

Assim sendo, o mapa do uso e ocupação do solo, pelo detalhamento fornecido participou do resultado final, do cruzamento dos níveis de informação com 50%, e o distanciamento das vias representou 25% do peso final. A distância entre as torres e a declividade do terreno representaram ambas 12,5% no cálculo final.

Trabalhando estas variáveis no ambiente SIG, o procedimento congregou quatro variáveis, buscando em um modelo matemático que definisse, segundo os critérios de risco propensos à invasão.

A geração do modelo forneceu dados para orientar a Eletrosul na fiscalização da Linha de Transmissão, bem como permitir antecipação de ações para evitar a ocupação territorial em áreas restritas.

Definidas as variáveis que influenciam a ocupação e que fazem parte do estudo, partiu-se para a validação, conferência e análise do resultado.

5.1 Declividade do terreno

Para obter os dados de declividade do terreno foi necessária a utilização das imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) fornecidas pela EPAGRI, que foram georreferenciadas tomando por base cartas topográficas do IBGE do estado de Santa Catarina.

Para o processamento de imagem foi utilizado o *software Erdas*. O procedimento consistiu em converter a imagem de relevo SRTM, que permitiu inferir dados para obter a declividade.

Após a obtenção da declividade em porcentagem no ambiente SIG, utilizaram-se os pesos apresentados na Tabela 2. Em seguida executou-se o procedimento de reclassificação através da ferramenta *Spatial Analyst* do software *ArcGIS 9.2*, no qual cada classe de relevo recebeu um peso (valor numérico ao *pixel*) atribuindo a facilidade ou dificuldade de ocupação humana em função do terreno. Para os trechos mais inclinados o peso atribuído foi 1 (menor valor na metodologia) pela dificuldade de ocupar áreas com inclinação acima de 45%. O peso 5 foi dado às áreas que possuíam inclinação praticamente nula, de 0 a 3% segundo a classificação da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e que receberam estes valores numéricos pela facilidade de ocupação nestas áreas. Os dados estão demonstrados na Figura 4:

Tabela 2 – Porcentagem da declividade segundo a classificação do relevo
Fonte adaptada: Embrapa

Variável	Classes	Pesos atribuídos	Peso da classe na <i>Raster Calculator</i>
Declividade do Terreno	0 a 3% Plano	5	12,5 % de importância no modelo – variável multiplicada por 0,125.
	3 a 8% Suavemente Ondulado	4	
	8 a 20 % Ondulado	3	
	20 a 45% Fortemente	2	
	Acima de 45% Montanhoso	1	

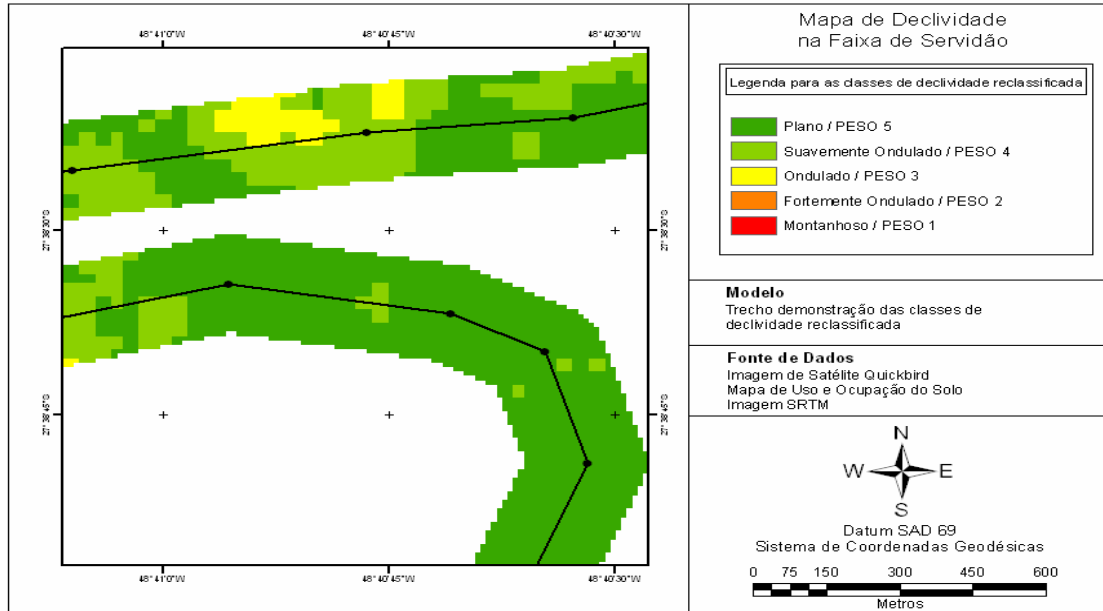


Figura 4: Relevo reclassificado em pesos segundo dados da Embrapa

5.2 Distância entre as torres

A variável distância entre as torres permitiu estimar a maior ou menor propensão à ocupação. Assim, partindo-se do pressuposto de que há menor propensão a ocupação próxima as torres, o inverso é verdadeiro.

Portanto, considerou-se que as torres “inibem” as edificações irregulares e que ao se distanciar das mesmas essa ocupação ocorre com mais frequência.

Os dados de distanciamento das torres foram obtidos através da identificação geográfica das torres com base nas imagens de satélite de alta resolução. Foi utilizada a ferramenta *Spatial Analyst* na função *Distance* do *ArcGis* para realizar a conversão destes dados em formato *raster*.

A partir da determinação do distanciamento em formato raster, foi feita a classificação de propensão em valores numéricos de 5 a 1. Assim, 5 foi definido como mais propenso, e 1 como menos propenso à ocupação pelo distanciamento, segundo Figura 5.

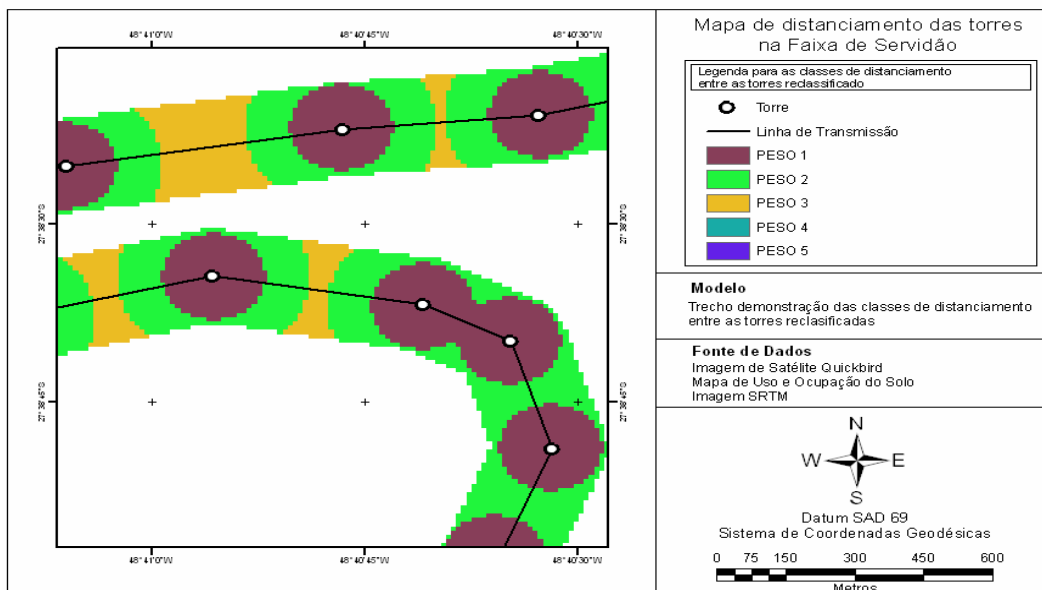


Figura 5: distanciamento das torres já reclassificado com os pesos.

5.3 Uso e Ocupação do Solo

Para se obter os dados de ocupação do solo foram utilizadas imagens de satélite *QuickBird* ortorretificadas, que apresentaram um alto nível de detalhamento espacial facilitando a obtenção das informações de interesse e consequentemente a análise.

De acordo com o embasamento científico teórico, a hierarquia das feições mapeadas no uso e ocupação do solo e o seu potencial de invasão foi trabalhado considerando os atributos e pesos específicos à cada classe estudada..

As análises permitiram classificar classes do uso do solo mais suscetíveis à ocupação. Portanto, as classes: pastagens, solos expostos e área próximas à ocupações obtiveram maior peso. No outro extremo as classes de cursos d'água, estradas, canteiros e áreas já edificadas, foram caracterizadas com menor propensas a ocupação

É oportuno ressaltar que o modelo que se deseja criar aponta os possíveis locais de expansão humana, considerando a realidade das edificações ou produção agrícola já existente. A estratificação das classes e pesos está definida na Tabela 3.

Variável	Classes	Pesos atribuídos	Peso da classe na <i>Raster Calculator</i>
Uso do Solo	Pastagens	5	50% de importância no modelo - variável multiplicada por 0,5.
	Solos expostos	5	
	Campo de Futebol	4	
	Silvicultura	3	
	Campos sujos	3	
	Áreas arborizadas	1	
	Matas nativas	2	
	Culturas de arroz	2	
	Estradas e canteiros	1	
	Curso d'água	1	
	Áreas edificadas	1	

Tabela 3: Variável de uso do solo e suas respectivas classes e pesos.

Na Figura 6 demonstra-se um trecho onde foi feita a interpretação do uso do solo com diferentes classes na faixa de servidão, ressaltando-se na legenda as classes já reclassificadas conforme pesos de 1 a 5.

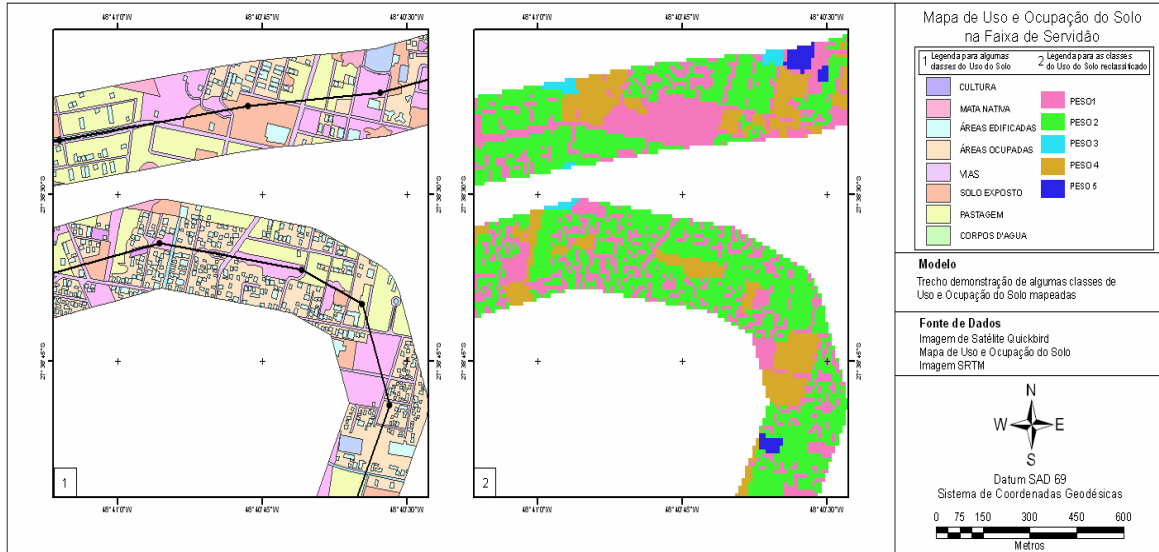


Figura 6: Demonstração da reclassificação das classes de uso do solo em pesos.

5.4 Sistema viário

O sistema viário foi mapeado a partir do reconhecimento prévio do uso e ocupação do solo considerado variável pela atratividade de ocupação do entorno.

Para graduar esta influência foram gerados vários distanciamentos de igual grandeza obtidos por *buffer* (ferramenta do *software ArcGis*), que permitiu criar polígonos concêntricos a via.

No estudo, a dimensão de cada *buffer* foi estruturada considerando a equidistância de 25 metros a partir da via digitalizada. Este distanciamento foi executado 5 vezes a partir da diretriz da feição via. Neste contexto adotou-se para cada distanciamento de 25 metros um peso distinto, sendo atribuído ao mais próximo da via a maior grandeza e assim sucessivamente até o ultimo polígono. Os *buffers* já reclassificados podem ser vistos na Figura 7 e na Tabela 4 estão especificados as classes e os respectivos pesos utilizados.

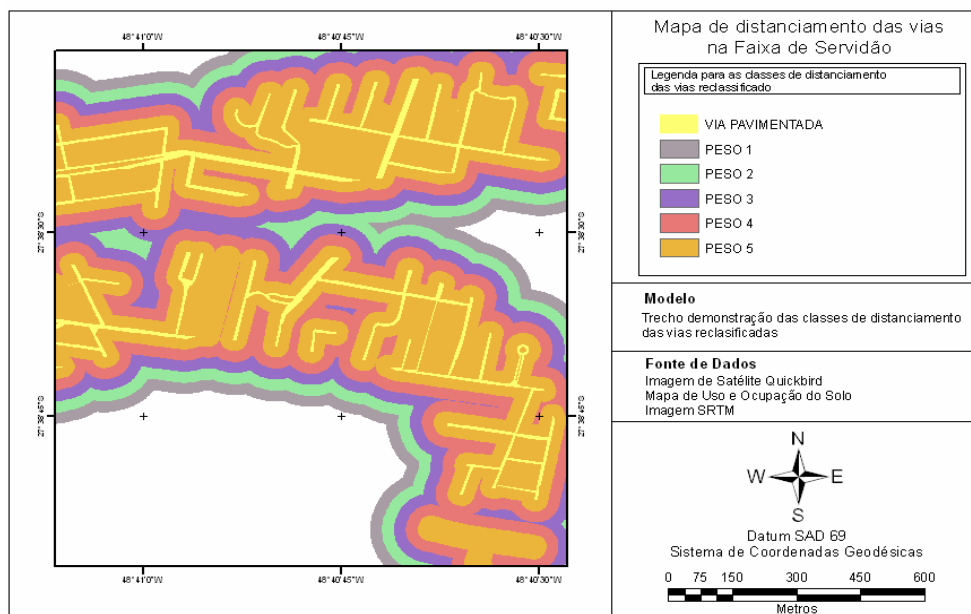


Figura 7: *buffer* feito das vias gerando o distanciamento já reclassificado.

Variável	Classes	Pesos atribuídos	Peso da classe na <i>Raster Calculator</i>
Distanciamento das vias	25 metros da via	5	25 % de importância no modelo – variável multiplicada por 0,25.
	50 metros da via	4	
	75 metros da via	3	
	100 metros da via	2	
	125 metros da via	1	

Tabela 4: Classes e pesos para as vias

6. Conversão de dados vetoriais para raster e sua respectiva reclassificação.

Alguns dados obtidos já estavam em formato *raster*, como é o caso da variável de declividade, porém as demais variáveis foram convertidas, uma vez que se encontravam no formato vetorial do geodatabase do *ArcGis*.

O *software* de apoio, *ArcGis*, permitiu converter os dados no formato *raster* (*Spatial Analyst*). Após a conversão de dados, reclassificou-se os intervalos numéricos das feições para cada variável.

Depois da reclassificação dos valores de *pixel* foi possível definir o número de classes e especificar os pesos para cada classe das variáveis. Neste estudo foram estipulados 5 classes e os valores variaram de 1 a 5 conforme a propensão à ocupação.

7. *Raster calculator*

Ao obter os arquivos *raster* com os seus respectivos pesos, utilizou-se a ferramenta *raster calculator*, que faz parte da extensão *Spatial Analyst* e que permitiu concatenar as variáveis de interesse.

O princípio da *raster calculator* é sobrepor as informações contidas em cada *pixel* de cada classe das variáveis escolhidas e, seguindo a operação matemática obter um resultado desta convergência, ou seja, a soma ou multiplicação dos *pixels*, conforme o método adotado.

Além dos pesos de cada classe com seus respectivos valores numéricos para os *pixels* das imagens *raster* foi hierarquizado em grau de importância as classes mais representativas conforme apresentado abaixo:

As fórmulas testadas empiricamente foram:

Fórmula 1:

$[(\text{uso do solo} * 0,5) * (\text{distância das torres} * 0,125) * (\text{buffer das vias} * 0,25) * (\text{declividade do terreno} * 0,125)]$

Fórmula 2:

$[(\text{uso do solo} * 0,5) + (\text{distância das torres} * 0,125) + (\text{buffer das vias} * 0,25) + (\text{declividade do terreno} * 0,125)].$

Contemplando pesos individuais e as operações de soma e multiplicação entre as variáveis.

Fórmula 3:

$[(\text{uso do solo}) * (\text{distância das torres}) * (\text{buffer das vias}) * (\text{declividade do terreno})].$

Fórmula 4:

$[(\text{uso do solo}) + (\text{distância das torres}) + (\text{buffer das vias}) + (\text{declividade do terreno})]$.

O fluxograma apresentado na Figura 8 refere-se as atividades executadas na metodologia.

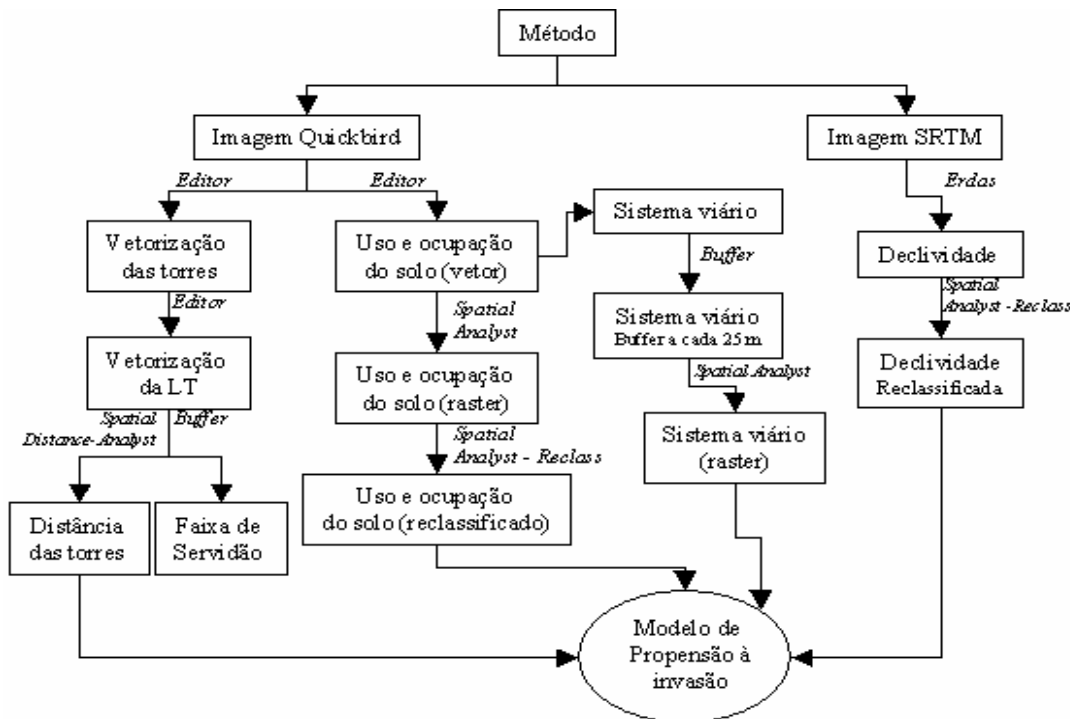


Figura 8: fluxograma referente a metodologia utilizada na pesquisa.

8. Resultados e Discussões

Realizadas as operações matemáticas entre as classes e conseqüentemente entre o *pixel* de cada variável sobreposta, foi dimensionado empiricamente o peso em (porcentagem) para cada variável. Na Tabela 5 apresentam-se as grandezas de cada variável.

Tabela 5: Hierarquia de pesos para a operação matemática entre as imagens.

Variável	Destaque em %	Valor utilizado na <i>Raster Calculator</i>
Uso e ocupação do solo	50	0,5
Sistema viário	25	0,25
Distância das torres	12,5	0,125
Declividade	12,5	0,125

A realização dos testes para diferentes cálculos matemáticos valeu-se pela diversificação dos resultados, permitindo discernir qual resultado melhor se aplicava ao estudo, que tem como objetivo auxiliar no monitoramento voltado a invasão do entorno das torres de transmissão de energia elétrica. Assim, caracterizaram-se as áreas mais propensas à invasão após o processamento, e análises das variáveis obtidas pelo mapeamento através da multiplicação e soma.

O processo de multiplicação das variáveis gerou dois resultados. Após a obtenção dos valores finais do modelo foi classificada em três intervalos onde os valores de potencial de ocupação ficaram com as denominações: Baixo, Médio e Alto.

O processo matemático de soma também resultou em duas imagens e foram utilizadas as mesmas classificações para três e para cinco intervalos de representação de potencial de invasão.

O princípio se valeu utilizando a estratificação de duas formas. A primeira hierarquia foi definida com cinco intervalos: Baixo, Baixo/Médio, Médio, Médio/Alto e Alto potencial, a segunda com três intervalos: Baixo, Médio e Alto potencial.

O modelo que melhor representou as variáveis foi o modelo que utilizou à operação matemática de soma e com gradação de propensão a ocupação de 5 intervalos: Alto, Médio/Alto, Médio, Médio/Baixo e Baixo.

Após a operação matemática realizada para a obtenção do modelo foi possível calcular a porcentagem de cada classe quanto a propensão à invasão ou ocupação irregular. A classe considerada de Média propensão ocupou a maior porcentagem em relação a área total com 32%, seguida da classe com propensão Baixa/Média com valor de 29%, logo após está a classe de Baixa propensão com 17%, seguido da classe Média/Alta com 14% e por fim a classe de Alta propensão que apresentou 8% da área total estudada, conforme apresentado no Gráfico 1.

A distribuição se apresenta variada em toda a área de estudo e a própria área é heterogênea alternando entre campos, áreas ocupadas, lavouras e demais usos da terra, no entanto o modelo gerou um indicativo quantitativo e espacial do potencial de ocupação irregular.

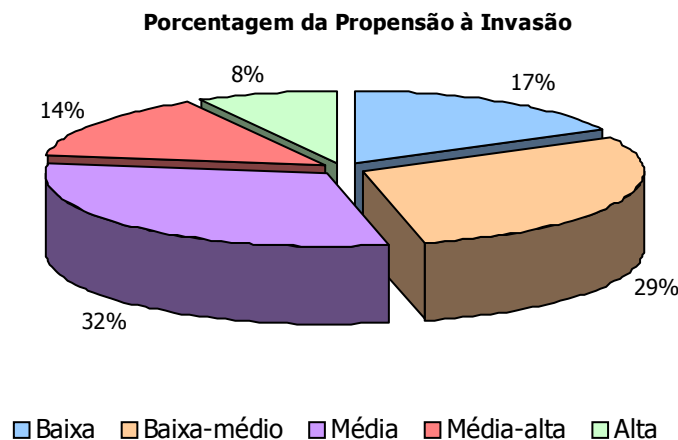


Gráfico 1: Porcentagem sobre a propensão de invasão

O produto final apresentado no trabalho de pesquisa se encontra na Figura 9, o qual demonstra através do mapeamento temático o gradiente de propensão a invasão.

A representação visual, através do mapa temático é eficaz e eficiente aos usuários de cartografia da Empresa Eletrosul, permitindo efetivamente um controle temporal das ocorrências dos casos de invasão.

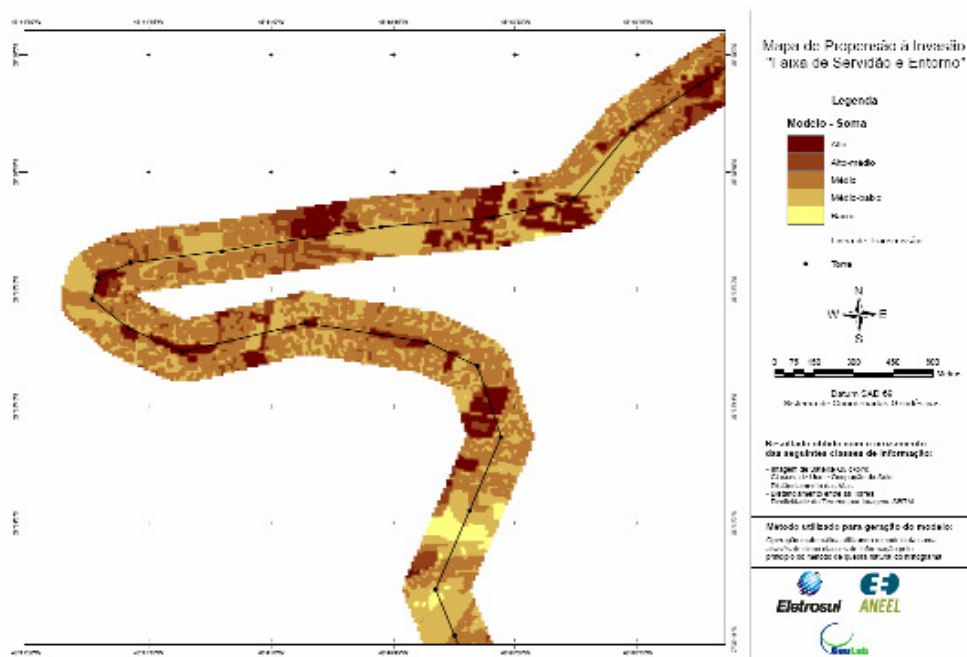


Figura 9: mapeamento ilustrativo do modelo de propensão à invasão

9. Considerações Finais

O estudo apresentado foi pensado a fim de potencializar e facilitar o monitoramento da área de entorno entre as torres da linha de transmissão de energia elétrica que por lei não devem ser ocupadas.

A utilização do Sistema de Informações Geográficas permitiu trabalhar as informações que foram imprescindíveis para o desenvolvimento da metodologia apresentada.

Os dados foram obtidos pela interpretação de Imagens de Satélites de alta resolução que permitiu o detalhamento do mapeamento das feições identificadas na imagem.

Os procedimentos consistiram em compatibilizar os dados, permitindo trabalhar as informações contidas em cada pixel das feições interpretadas. Cada classe foi pensada de acordo com a propensão à ocupação, e desta forma, a feição de cada variável obteve um peso padrão.

A metodologia se valida e se mantém atual quando as imagens trabalhadas são atuais e fornecem dados da dinâmica da ocupação, sendo relevante o estudo continuado desta área, visando corroborar com o monitoramento temporal.

O modelo auxilia as equipes de campo para que, através de um mapa temático, permita monitorar a área da faixa de segurança e a partir de uma rápida análise apontar locais com maior propensão à invasão.

Além desta premissa, o modelo também auxilia a equipe de manutenção das vias provendo dados atuais que orientem as equipes de campo tanto na área de fiscalização da linha de transmissão, quanto na área de levantamento topográfico das propriedades que se localizam na faixa de segurança.

O modelo matemático também auxilia a empresa transmissora de energia elétrica em uma antecipação de ações, para evitar a ocupação territorial em áreas não permitidas e que ainda não estão ocupadas, mas que possuem grande potencial para ocupação indicados pelo mapeamento das variáveis.

10. Referências

ARAÚJO, Eduardo Henrique Geraldi; KUX, Hermann Johann Heinrich. **Identificação de áreas com propensão à edificação no bairro Belvedere em Belo Horizonte utilizando sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3461-3468. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.12.14.12/doc/3461.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2008.

CENTENO, J, ANTUNES,CHRISTEL L. **Object Oriented Analysis and Semantic Network for high Resolution Image Classification.** Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 9, no 2, p.233-242, jul-dez, 2003

CROSTA, Alvaro Penteadó. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas, SP: Unicamp, 1992. 170p.

EMPRESA TRANSMISSORA DE ENERGIA ELÉTRICA DO SUL DO BRASIL (Brasil). **Manual de Manutenção.** Brasil. 59 p.

ESCADA, Maria Isabel Sobral; ALVES, Diógenes Salas. **Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas Ação Métodos, modelos e geoinformação para a gestão ambiental: Mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Amazônia: Impactos Sócio-Ambientais na Ocupação de Regiões de Fronteira Agrícola.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/modelagem/relatorio_amz_dinamica_ocupacao.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2008.

GARCIA, Gilberto J. **Sensoriamento remoto. Princípios e interpretação de imagens.** São Paulo: Nobel: 1982, 357 p.

JARDINI, M. G. M; JARDINI, J. A.; MAGRINI, L. C.; SCHIMIDT, H.P. **Sistema de Informação para gestão de Hidroelétricas e Linhas de Transmissão.** XVI SNPTEE, Outubro de 2001.

JARDINI, M. G. M; JARDINI, J. A.; MAGRINI, L. C.; QUINTANILHA, J. A. **O uso de imagens georeferenciadas para a gestão de uso e ocupação de faixas de linhas de transmissão.** Disponível na internet via http://www.cteep.com.br/_docs/setor/estante/pd/o_uso.pdf - Acesso em março de 2008.

OLIVEIRA, Marcelo Zagonel de et al. **Delimitação de Áreas de Preservação Permanente: Um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica (SIG).** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4119-4128. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.21.53/doc/4119-4128.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2008.

PINHEIRO, Eduardo da Silva; KUX, Hermann Johann Heinrich. **Imagens Quickbird Aplicadas ao Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra do Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata.** In: KUX, Hermann.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1996. 104p. ISBN 85707802 9X (broch.).