

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA
DIVERSIDADE E MANEJO DE VIDA SILVESTRE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Elton Leonardo Boldo

**Avaliação de técnicas de sensoriamento remoto no mapeamento da
distribuição da espécie arbórea invasora *Ligustrum lucidum* WT
Aiton no sul do Bioma Mata Atlântica.**

São Leopoldo, 30 de outubro de 2015.

Elton Leonardo Boldo

Avaliação de técnicas de sensoriamento remoto no mapeamento da distribuição da espécie arbórea invasora *Ligustrum lucidum* WT Aiton no sul do Bioma Mata Atlântica.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS como um dos pré-requisitos para obtenção do título de mestre em Biologia - Diversidade e Manejo de Vida Silvestre.

Orientador: Dr. Juliano Morales de Oliveira

São Leopoldo, 30 de outubro de 2015.

B687a Boldo, Elton Leonardo
Avaliação de técnicas de sensoriamento remoto no mapeamento da distribuição da espécie arbórea invasora *Ligustrum lucidum* WT Aiton no sul do Bioma Mata Atlântica / por Elton Leonardo Boldo. -- São Leopoldo, 2015.

ix, 55 f. : il., mapas color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Biologia, São Leopoldo, RS, 2015.

Área de concentração: Diversidade e Manejo de Vida Silvestre.

Orientação: Prof. Dr. Juliano Morales de Oliveira, Escola Politécnica.

1.Sistemas de informação geográfica. 2.Sensoriamento remoto. 3.Árvores. 4.Florestas – Rio Grande do Sul. 5.Plantas invasoras – Rio Grande do Sul. 6.Levantamentos florestais. I.Oliveira, Juliano Morales de. II.Título.

CDU 528.9:91:581.5

528.8: 581.5

581.5 (816.5)

Catálogo na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

Elton Leonardo Boldo

**Avaliação de técnicas de sensoriamento remoto no mapeamento da
distribuição da espécie arbórea invasora *Ligustrum lucidum* WT
Aiton no sul do Bioma Mata Atlântica.**

Dissertação de Mestrado

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Programa de Pós-Graduação em Biologia

Área de Concentração - Diversidade e Manejo de Vida Silvestre

São Leopoldo, 30 de outubro de 2015.

Dr. Juliano Morales de Oliveira (UNISINOS)

Dr. Osmar Gustavo Wöhl Coelho (UNISINOS)

Dr. Mauricio Pereira Almerão (UNILASALLE)

Agradecimentos

A minha querida esposa Ivana, pelo grande período de sacrifício, por estar junto nos momentos difíceis e por sempre me dar o apoio necessário para não desistir, mesmo com todas as adversidades ocorridas no caminho.

A família pelo apoio, incentivo e pelas palavras de estímulo. Minha mãe e meus irmãos, e nunca esquecendo daquele que não está entre nós, mas que sempre me incentivou a ir em busca de novos desafios, meu pai.

Aos funcionários e colegas da empresa Garden Projetos e Meio Ambiente, pelo apoio, ajuda e compreensão nos períodos que me ausentei.

A Ferrari Solutions e a Prefeitura de Bento Gonçalves pelo fornecimento das Imagens do Satélite Geoeye.

Ao amigo e grande profissional Me. Fabiano Ferrari, pelo auxílio e incentivo, e na sua pessoa aos funcionários e amigos da empresa Ferrari Solutions.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Vegetal da Unisinos, pelo coleguismo e apoio durante este período de estudos, trabalhos e parcerias.

Ao professor Dr. Osmar Coelho, pela ajuda no tratamento das imagens e confecção de modelos na plataforma GIS.

Ao professor Me. Leonardo Inocência, pelo grande incentivo e conhecimentos técnicos com as imagens, e pelo empurrãozinho em busca de novos desafios.

Ao meu orientador e grande incentivador Dr. Juliano Morales de Oliveira, pelo apoio e grande compreensão em todos os momentos.

Sumário

Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de figuras	ix
Lista de tabelas	x
Lista de abreviaturas e siglas	x
Prefácio	11
Referências	13
Introdução	15
Materiais e Métodos	17
Região de estudo	17
Mapeamentos com imagens de diferente resolução espacial	17
SIG e Fluxograma de Análise	20
Acurácia das Classificações	20
Área de Ocorrência Potencial	21
Resultados	22
Discussão	27
Referências	31
Anexos	36
Apêndices	41

Resumo

Definir técnicas com acurácia para mapear a ocorrência de espécies invasoras facilita a compreensão de sua ocorrência, dominância e habitats preferenciais. Produzir mapas detalhados com ferramentas associadas em um Sistema de Informações Geográficas - SIG pode auxiliar e diminuir o tempo de trabalho para mapear e apontar a tomada de decisões com vistas a elaboração de estudos, dinâmicas de ocorrência e políticas de controle de espécies invasoras. O objetivo principal do estudo é mapear a distribuição espacial de *L. lucidum* na região serrana no sul do Bioma Mata Atlântica, em diferentes escalas espaciais. De forma específica pretende-se (i) avaliar mapeamentos de manchas de invasão obtidas a partir de imagens multiespectrais dos satélites Geoeye (pixel de 0,25m²) e Landsat 5 TM (pixel de 900m²), quanto à acurácia da classificação, área total invadida, tamanho e número de manchas; e se aplicável, (ii) determinar a ocorrência potencial da espécie para uma área mais ampla, a partir de imagens Landsat 5 TM. Aplicou-se técnicas de classificação supervisionada para o uso do solo e para a ocorrência da espécie invasora determinou-se o NDVI, a classificação dos pixels pelo método *Spectral Angle Mapper* (S.A.M) e a acurácia pelo índice kappa. A classificação com imagem do Geoeye apresentou uma ocorrência de 239.60 ha e um índice kappa de 0.86, onde a maior área ocupada correspondeu a manchas entre 1 e 100m². Já o uso de imagens do Landsat 5TM apresentou na sua classificação final uma área de 219.06ha de ocorrência da espécie e um índice kappa de 0.74, onde a maior área ocupada correspondeu a manchas maiores de 15.000m². Para aferir a acurácia da imagem de baixa resolução espacial utilizou-se os pontos de controle da imagem do Geoeye, obtendo um índice kappa de 0.38. Pelo modelo acurado gerou-se um modelo de ocorrência potencial para uma região de 341km², obtendo uma área de 16.379ha da espécie e uma ocorrência de 9.74% do *L. lucidum* em relação as áreas florestais. A espécie possui ocorrência confirmada e representativa na área e em curto espaço de tempo poderá se tornar uma ameaça ao ecossistema florestal da Serra Gaúcha, alcançando percentuais de invasão que não possibilitem sua erradicação. Devido a ocorrência em ampla escala do *L. lucidum* como invasor, o controle só pode ser possível em fases iniciais do processo, sendo economicamente restritiva e ecologicamente inviável em etapas avançadas.

Palavras-chave: *Ligustrum lucidum*, sensoriamento remoto, espécie exótica invasora.

Abstract

Set techniques to accurately map the occurrence of invasive species facilitates the understanding of its occurrence, dominance and preferred habitats. Produce detailed maps with associated tools in a Geographic Information System - GIS can help and reduce working time to map and point out the decision-making with a view to preparing studies, dynamics of occurrence and governance control of invasive species. The main objective of the study is to map the spatial distribution of *L. lucidum* in the mountainous region in the south of the Atlantic Forest biome, at different spatial scales. Specifically intended to (i) evaluate mappings invasion spots obtained from multispectral satellite images of Geoeye (pixel 0,25m²) and Landsat 5 TM (pixel 900m²), as to the accuracy of classification, total area invaded , size and number of spots; and if applicable, (ii) determining the potential for occurrence in a wider area, from 5 Landsat TM images. It applied supervised classification techniques for land use and the occurrence of invasive species determined the NDVI, the classification of pixels by Spectral Angle Mapper Method (SAM) and the accuracy of the kappa index. The classification Geoeye image showed an occurrence of 239.60 ha and a kappa index of 0.86, where the highest occupied area corresponded to spots between 1 and 100 m². Already using Landsat 5TM images presented in their final classification of an area 219.06ha of occurrence of the species, and a kappa index of 0.74, where the highest occupied area corresponding to larger spots 15.000m². To assess the accuracy of the low spatial resolution image used to the control points of Geoeye image, getting a kappa index 0.38. By accurate model was generated a potential occurrence model for a region of 341km², obtaining an area of 16.379ha the species and occurrence of 9.74% of *L. lucidum* over forest areas. The species has confirmed and representative occurrence in the area and in short time can become a threat to the forest ecosystem of Serra Gaucha, reaching invasion percentages which do not lend its eradication. Due to occur on a large scale of *L. lucidum* as an intruder, the control can only be possible in the early stages of the process, being economically and ecologically feasible restrictive in advanced stages.

Keywords: *Ligustrum lucidum*, remote sensing, invasive alien species.

Lista de figuras

Figura 1. Estado do Rio Grande do Sul na América do Sul. Demarcação do Bioma Mata Atlântica no Brasil. Área de estudo em Bento Gonçalves, Farroupilha e Pinto Bandeira.....	18
Figura 2. <i>L. lucidum</i> em meio a vegetação demonstrando o grande realce que a espécie proporciona na área de estudo. (A) Vegetação com presença do Ligustro nas manchas mais escuras; (B) Imagem em infravermelho com destaque para as manchas claras que representam a espécie em meio as florestas; (C) Exemplares adultos da espécie; (D) Folhas e frutos da árvore.....	19
Figura 3. Gráfico da área ocupada por <i>L. lucidum</i> na imagem do Geoeye, por classe de tamanho.	23
Figura 4. Gráfico do número de manchas de <i>L. lucidum</i> na imagem do Geoeye em cada classe de tamanho das manchas.	23
Figura 5. Representação esquemática dos resultados obtidos com o estudo do NDVI, com as setas apontando áreas de ocorrência da espécie. (A) Manchas de <i>L. lucidum</i> visíveis em meio as formações florestais (B) Composição (4,3,2) com infravermelho próximo realçando as manchas vermelhas claras que representam a espécie invasora. (C) NDVI calculado para as áreas de estudo; (D) Gráfico com a média e o desvio padrão dos pontos amostrados de NDVI para a espécie invasora e as áreas de vegetação arbórea sem a espécie.....	24
Figura 6. Gráfico da área ocupada por <i>L. lucidum</i> na imagem do Landsat 5 TM, por classe de tamanho, pelo método NDVI.....	25
Figura 7. Gráfico do número de manchas de <i>L. lucidum</i> na imagem do Landsat 5 TM, em cada classe de tamanho das manchas, pelo método NDVI.	25
Figura 8. Gráfico da área ocupada por <i>L. lucidum</i> na imagem do Landsat 5 TM, por classe de tamanho.	25
Figura 9. Gráfico do número de manchas de <i>L. lucidum</i> na imagem do Landsat 5 TM, em cada classe de tamanho das manchas.	25

Lista de tabelas

Tabela 1. Matriz de confusão, com os erros de omissão, comissão, índice Kappa e exatidão global, obtidos pela verificação em campo e pela classificação da imagem do Geoeye.....	22
Tabela 2. Matriz de confusão com os erros de omissão, comissão, índice Kappa e exatidão global, obtidos pela verificação em campo e pela classificação da imagem do Landsat 5 TM.	26
Tabela 3. Tabela das manchas de intersecção da ocorrência do <i>L. lucidum</i> definidas pela imagem Landsat 5 TM.	26

Lista de abreviaturas e siglas

CBERS - China-Brazil Earth Resources Satellite
EAEI - Espécie Arbórea Exótica Invasora
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENVI - <i>Exelis Visual Information Solutions</i>
FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental
Geoeye - Satélite GeoEye-1 da empresa americana GeoEye
GISP - <i>Global Invasive Species</i>
GPS - <i>Global Position System</i>
I3N - <i>Invasive Species Network</i>
IABIN - <i>Inter American Biodiversity Information Network</i>
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISSG - Invasive Species Specialist Group
LANDSAT - Satélites de observação da Terra de origem Norte Americana
LASERCA - Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia
LEV - Laboratório de Ecologia Vegetal
NDVI – <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
RADARSAT - Satélite de observação da Terra da Canadian Space Agency
S.A.M. - <i>Spectral Angle Mapper</i>
SIRGAS 2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SPOT - <i>Système Probatoire d'Observation de la Terra</i>
UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos
UTM - <i>Universal Transversa de Mercator</i>
VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado

Prefácio

A distribuição natural das espécies nos ecossistemas é influenciada por diversos fatores tais como i) mecanismos de dispersão, ii) distância do local de origem, iii) barreiras geográficas e, inclusive, iv) ao acaso. Grande parte das espécies ocorrentes nos continentes confina-se a tipos particulares de ecossistemas, sendo conhecidas como espécies endêmicas (McNeely, 2001), adquirindo características específicas de um determinado ambiente de ocorrência, nos remetendo a estudar ambientes específicos para cada espécie florestal.

Nesse contexto, devemos desenvolver estudos compreendendo a ecologia da paisagem, estudando a estrutura, a função e a dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos (Farley, 2012), sendo na atualidade, uma ciência básica para o desenvolvimento, manejo, conservação e planejamento. Ela possibilita ainda que seus processos ecológicos possam ser estudados em diferentes escalas temporais e espaciais (Teixido, 2010).

A ecologia da paisagem é ainda um instrumento útil para análise dos remanescentes de vegetação nativa existentes (Cardoso-Leite et. al., 2005). Alguns autores definem a ecologia da paisagem como o estudo da distribuição dos elementos da paisagem, dos processos ecológicos que afetam os padrões, e das mudanças dos padrões ao longo do tempo (Forman & Godron, 1986).

No contexto deste projeto conhecer a ocorrência de espécies invasoras é de suma importância, pois são consideradas como a segunda maior causa de perda de biodiversidade em escala global, atrás apenas da perda de habitat (McGeoch et. al., 2010).

Mas afinal a definição que podemos dar para uma espécie invasora, sobretudo uma árvore, nos remete a qualquer espécie que ocorre em uma localidade fora de sua área de origem; a ocorrência da espécie pode ter sido prevenida no passado por uma barreira, evitando sua dispersão, e não pelas condições no novo habitat. Dessa forma, a velocidade com que uma espécie invasora se estabelece depende de atributos individuais e populacionais (Heger e Trepl, 2003)

Mas para entendermos quais habilidades são importantes para que as espécies florestais se tornem invasoras, estudos têm-se focado principalmente em: características da história de vida da espécie; crescimento populacional; fecundidade e dispersão; integração com a comunidade; alterações fisiológicas e morfológicas durante o desenvolvimento e ausência de competição (BØhn et. al. 2004).

Cabe então compreender os sistemas ecológicos, que são algo extremamente complexo, tornando-se difícil afirmar onde que as espécies invasoras serão bem sucedidas. Geralmente, as principais características dos ambientes invadidos incluem: isolamento geográfico e histórico, baixa diversidade de espécies nativas, altos níveis de distúrbio por atividades antrópicas e ausência de inimigos adaptados (Elton, 1958; Blatz e Moyle, 1993; Wolfe, 2002; Bøhn et. al. 2004)

Elton (1958) em seu livro *Invasões de plantas e animais*, concluiu que os invasores são mais prováveis de se estabelecer nas áreas que foram alteradas por seres humanos e nas áreas com comunidades relativamente simples, estando bem documentado que os habitats antropicamente alterados são mais rapidamente invadidos em relação aos íntegros.

Diante de tais ameaças aos ecossistemas e a falta de um programa contínuo de estudo e fomento nas pesquisas de controle de espécies invasoras, desde 1994 foi criado o *Invasive Species Specialist Group* (ISSG), que desenvolve o *Global Invasive Species* (GISP), o qual tem como missão conservar a biodiversidade e sustentar os meios de subsistência humana, minimizando a disseminação e o impacto das espécies exóticas invasoras.

Estudos realizados na América do Sul têm apontado a necessidade de adoção de políticas públicas de conservação, sobre a alegação de que se detém mais de 20% da diversidade de plantas e animais do planeta. Aponta-se entre as espécies invasoras de maior incidência as do gênero *Pinus* (pinus), onde desde meados do século 19, os impactos são evidentes em ecossistemas abertos como campos e savanas, reduzindo os níveis do lençol freático, desalojando espécies nativas, modificando a paisagem, aumentando o risco de incêndios e impedindo a regeneração dos ambientes naturais, assim como avançando sobre os campos sulinos, as áreas de restinga, as savanas e áreas desflorestadas (GISP, 2005)

Estudos de Sensoriamento Remoto aplicados a vegetação vem há muitos anos sendo aplicados e desenvolvidos, possibilitando estudos mais complexos frente a variáveis que afetam a reflectância da luz sobre o dossel de uma vegetação, como copa, orientação solar, densidade de troncos e folhas, índice foliar e mesmo as espécies estudadas (Jensen, 2011).

Estudos e mapeamentos dos tipos de vegetação no Brasil foram iniciado em 1972 por meio do projeto RADAM, posteriormente determinado de RADAMBRASIL. Desde esta data a comunidade científica tem utilizado amplamente dados obtidos

dos sensores a bordo dos satélites LANDSAT (desde 1972), SPOT (desde 1986), RADARSAT (1996), CBERS (1999) e mais recentemente com tecnologia de alta resolução o Geoeye (2008).

Os diferentes tipos de satélites apresentam sensores multiespectrais, com bandas e resoluções espaciais distintas. Tais aspectos são de suma importância para a relação com os três elementos principais das folhas: pigmentos, estrutura fisiológica e conteúdo de água, apresentando um efeito diferenciado nas propriedades de reflectância, absorvância e transmitância das folhas verdes (Curran, 1986).

Os estudos de vegetação com o emprego de imagens de satélite são sobretudo realizados devido há uma grande interação da vegetação com a radiação eletromagnética, por meio do fator de reflectância de uma folha verde (Ponzoni et. al., 2012). Dessa forma, para análise e estudo de plantas, o intervalo espectral de maior resposta se dá entre a região do visível (0,4 a 0,72 μ m) e do infravermelho próximo (0,72 a 1,10 μ m). Dentre estes valores, observou-se que a absorção de energia radiante aumenta proporcionalmente com o aumento da quantidade de clorofila, o que inicia a partir de 0,550 μ m, como podemos ver no Anexo 1, onde apresentamos a comparação das curvas espectrais para uma vegetação sadia e uma estressada (Souza Filho et.al., 2008).

Em se tratando de análise da vegetação com imagens multiespectrais, vemos junto ao Anexo 2, que os comprimentos de onda tanto das bandas das imagens do Satélite Geoeye como do Landsat 5 TM são muito próximas, sendo a resolução espacial o fator a ser estudado e analisado. Para ilustrar a diferença espacial entre as imagens dos diferentes sensores estudados, junto ao Anexo 3, apresentamos a mesma região de estudo com uma imagem ilustrativa do Google Earth e as respectivas imagens dos satélites trabalhados.

Referências

Blatz, D.M. & Moyle, P.B. (1993) Invasion resistance to introduced species by a native assemblage of California stream fishes. *Ecol. Appl.* 3: 246-255.

BØhn T., Sandlund, O.T., Amundsen, P., Primicerio, R. (2004) Rapidly changing life history during invasion. *Oikos* 106: 138-150.

Cardoso-Leite, E.; Pagani, M.I.; Monteiro, R.; Hamburguer, D.S. (2005) Ecologia da paisagem: mapeamento da vegetação da Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiá, SP, Brasil. *Acta bot. bras.* 19(2):233-245.

Curran, J.P. (1986) *Principles of Remote Sensing*. New York: Longman Publishing Group, 282 p.

Elton, C. S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. USA: The University of Chicago Press.

Farley, K.A.; Ojeda-Revah, L.; Atkinson, E.E.; Eaton-González, R.B.; (2012) Changes in land use, land tenure, and landscape fragmentation in the Tijuana River Watershed following reform of the Ejido sector. *Land Use Policy* v. 29, pp. 187-197.

Forman, R.T.T. & Godron, M. (1986) *Landscape ecology*. New York, John Wiley.

GISP - Programa Global de Espécies Invasoras (2005) América do Sul invadida: A crescente ameaça das espécies exóticas invasoras. África do Sul. 80pp. Disponível em <http://www.institutohorus.org.br/download/gispSAmericapo.pdf>

Heger, T. & Trepl, L. (2003) Predicting biological invasions. *Biol. Invas.* 5: 313-321.

McGeoch, M. A.; Butchart, S.H.M.; Spear, D.; Marais, E.; Kleynhans, E.J.; Symes, A.; J. Chanson & M. Hoffmann (2010). Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Diversity and Distributions*, 16:95-108.

Mcneely, J. (2001) Invasive species: a costly catastrophe for native biodiversity. *Land Use Water Resour. Res.* 1: 1-10.

Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E.; Kuplich, T.M (2012) *Sensoriamento remoto da vegetação*. 2. ed. atualizada e ampliada. São Paulo. Oficina dos Textos.

Souza Filho, C.R., Augusto, V., Oliveira, W.J., Lammoglia, T. (2008) Detecção de exsudações de hidrocarbonetos por geobotânica e sensoriamento remoto multi-temporal: estudo de caso no Remanso do Fogo (MG). *Revista Brasileira de Geociências*. 38(2): 228-243.

Teixido, A. L., Quintanilla, L. G., Carreño, F., Gutiérrez, D. (2010) Impacts of changes in land use and fragmentation patterns on Atlantic coastal forests in northern Spain. *Journal of Environmental Management* v. 91, p. 879–886.

Wolfe, L.M. (2002) Why alien invaders succeeds support the escape from enemy hypothesis. *Am. Nat.* 160:705-711.

Introdução

Invasões biológicas são globalmente reconhecidas como causadoras de intensas modificações na estrutura e funcionamento de ecossistemas (Antrop, 2000; Sullivan et al., 2005; Wania et al., 2006), levando a impactos sociais e econômicos de magnitude correspondente (Meyerson & Mooney, 2007; Vitousek et al., 1996). Embora estudos nessa área do conhecimento sejam abundantes e na sua maioria tratem sobre invasões de espécies de plantas terrestres, relativamente poucos foram realizados nos trópicos (Lowry et al., 2013) e com espécies lenhosas (Rejmánek and Richardson, 2013). Tendo em vista essas lacunas e que dados sobre a distribuição espacial e temporal são básicos para medir objetivamente o impacto e a ameaça de espécies arbóreas invasoras (Wilson et al. 2014), desenvolver e avaliar métodos para determinar a distribuição de invasões de árvores exóticas nos trópicos é de fundamental importância, tanto para o avanço teórico como para o manejo de invasões em biomas tropicais, de maior invasibilidade devido às altas taxas de conversão de uso da terra (Duguay et al., 2007; Guisan e Thuiller, 2005; Moffatt et al., 2004).

O gênero *Ligustrum* L. (Oleaceae) inclui oito espécies de árvores ou arbustos que foram introduzidos como ornamentais fora da sua região de origem na Ásia (exceto *L. vulgare* L., da Europa) e tornaram-se invasoras (Rejmánek e Richardson, 2013). Dentre essas, *L. lucidum* W.T. Aiton (ligustro) tem sido registrada como uma importante espécie arbórea invasora em ecossistemas florestais de clima subtropical úmido em diversas regiões do planeta (eg. Zenni, 2014; Rejmánek e Richardson, 2013; Zenni e Ziller, 2011), tendo sido investigada com maior profundidade em florestas subtropicais andinas na Argentina (províncias de Córdoba e Tucumán). Esses estudos demonstram que *L. lucidum* possui crescimento rápido, com atributos de espécies pioneiras, tanto em sombra como a pleno sol, podendo atingir alturas de até 15m e uma alta taxa de dispersão, ocasionada em grande parte pela quantidade de sementes dispersadas por pássaros, formando florestas monoespecíficas densas ou com indivíduos esparsos numa matriz florestal de espécies nativas (Aragón & Morales, 2003; Aragón & Groom, 2003).

As plântulas jovens desenvolvem-se rapidamente em condições de pouca luminosidade, e uma vez atingindo o dossel criam condições de baixa luminosidade que limitam a regeneração de outras espécies, resultando em domínio da espécie invasora (Grau & Aragón, 2000). Grandes áreas dominadas pela espécie diferem

substancialmente nas características estruturais e físicas de florestas nativas, com copas mais densas e próximas, resultando em maior absorção no domínio do visível e mais elevada reflexão no domínio do infravermelho próximo e, assim, um maior NDVI (Hoyos, 2007; Hoyos et al., 2010). A história do uso da terra, o tempo de abandono, a altitude, a inclinação e a cobertura dos diferentes estratos são variáveis importantes na distribuição da espécie invasora, assim como as variáveis espaciais (Aragón & Morales, 2003). Uma forte associação espacial entre a ocorrência da espécie em um gradiente altimétrico e a proximidade de áreas urbanas foi verificado sobretudo nos períodos mais atuais e de maior invasão (Gavier-Pizarro et al., 2012), e constatou-se que a diversidade de aves foi significativamente menor em florestas invadidas tanto para inverno como verão (Ayup et. al., 2014).

No sul do Bioma Mata Atlântica, *L. lucidum* é considerada uma das principais ameaças à biodiversidade, porém faltam informações básicas sobre sua distribuição espaço-temporal para melhor entender e manejar os impactos da sua invasão (CONSEMA, 2012; GISP, 2005; IAP, 2009; SEMA, 2013). Conforme a Rede Interamericana de Informação sobre Biodiversidade por meio da rede temática sobre espécies invasoras no Brasil, a espécie ocupa ambientes florestais, é de uso ornamental na arborização urbana, possui invasão deliberada no município de Farroupilha, RS, e conta com 25 registros de ocorrência (I3N Brasil, 2015). De modo geral, o conhecimento acerca da distribuição de espécies de plantas invasoras (ou potenciais) no Brasil provém de registros eventuais de ocorrência e não de levantamentos sistemáticos, que permitam analisar sobre o tamanho e densidade das áreas ocupadas ou sua dinâmica (Zenni & Ziller, 2011).

As imagens do satélite LANDSAT representam um importante conjunto de dados que podem ser utilizados para o mapeamento de invasões de espécies vegetais devido à sua extensa cobertura espaço-temporal, desde que a planta invasora forme manchas grandes (>0,5ha) com assinatura espectral distinta das demais tipologias de vegetação na paisagem (eg. Bradley e Mustard, 2006; Perterson, 2005), como verificado nos estudos de distribuição de *L. lucidum* na Argentina (Gavier-Pizarro et al., 2012; Hoyos et.al., 2010). Imagens de resolução espacial mais fina seriam necessárias, no entanto, para detectar manchas de invasão menores. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo utilizar imagens de satélites para mapear a distribuição espacial de *L. lucidum* na região serrana no sul do Bioma Mata Atlântica, em diferentes escalas espaciais. De forma específica

pretende-se (i) avaliar mapeamentos de manchas de invasão obtidas a partir de imagens multiespectrais dos satélites Geoeye (pixel de 0,25m²) e Landsat 5 TM (pixel de 900m²), quanto à acurácia da classificação, área total invadida, tamanho e número de manchas; e se aplicável, (ii) determinar a ocorrência potencial da espécie para uma área mais ampla, a partir de imagens Landsat 5 TM.

Materiais e Métodos

Região de estudo

A região estudada situa-se na unidade geomorfológica da Serra Geral, pertencente à região geomorfológica do Planalto das Araucárias, na escarpa sul do planalto Meridional Brasileiro, sobre rochas basálticas, a uma altitude média de aproximadamente 500m a.n.m, no Estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 1990). O clima caracteriza-se por precipitação abundante e bem distribuída ao longo do ano (média anual de 1736mm), e marcada sazonalidade térmica, com temperatura médias mínimas de 12,9°C e máximas de 22,9°C (Falcade e Mandelli, 1999). A vegetação é um mosaico de remanescentes florestais em diferentes estágios de sucessão pertencente ao Bioma Mata Atlântica, entremeados por pastagens, silviculturas e cultivos agrícolas principalmente com cultivares *Vitis vinifera* L. (Hoffmann et. al., 2005; IBGE, 2010). A base fundiária rural é de pequenas propriedades, originária da imigração de italianos que se iniciou em 1875, e inclui importantes centros urbanos do sul do Brasil, como Caxias do Sul e Bento Gonçalves (Falcade e Mandelli, 1999).

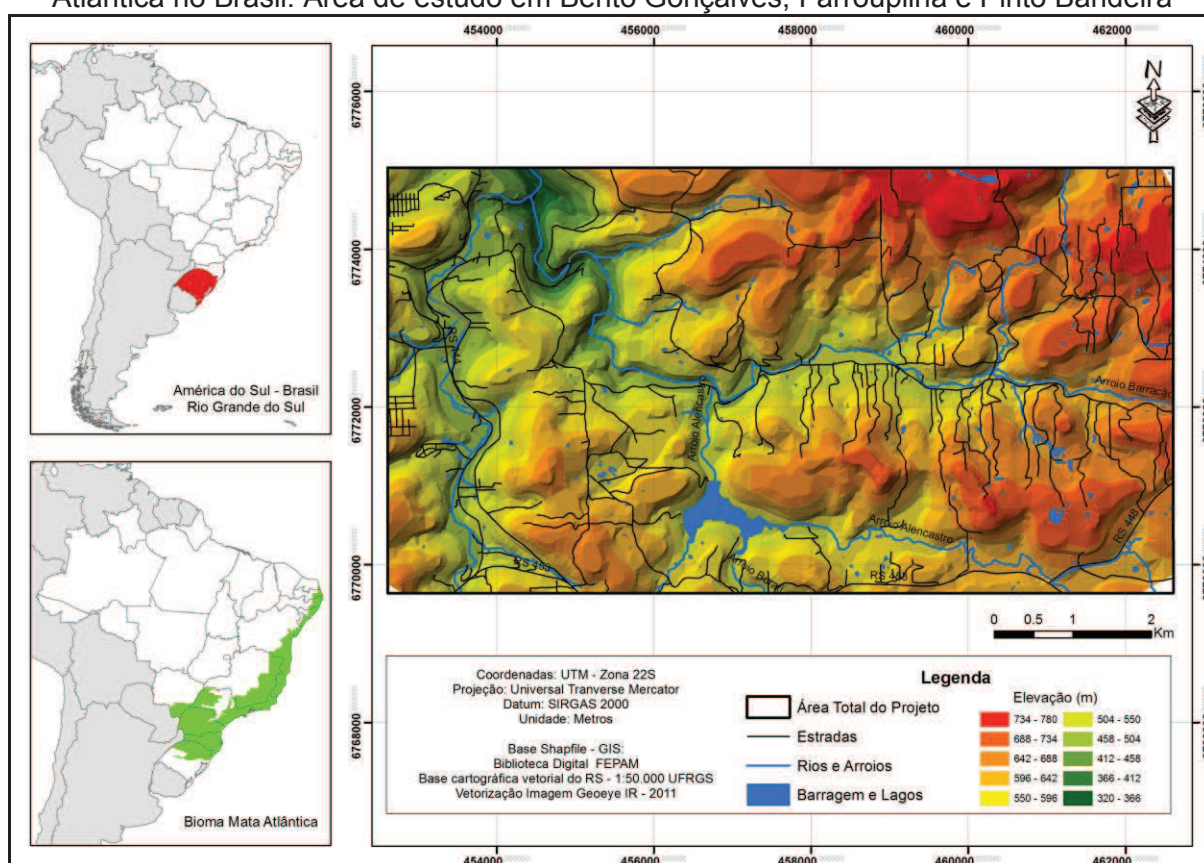
Mapeamentos com imagens de diferente resolução espacial

Realizamos dois mapeamentos de manchas de invasão de *L. lucidum* para uma janela de 54Km², abrangendo parte dos municípios de Bento Gonçalves, Farroupilha e Pinto Bandeira (Figura 1).

Em campo foram obtidas coordenadas geográficas no Sistema UTM, SIRGAS 2000, tomando como base o sistema de coordenadas FEPAM (2005), por meio do aparelho GPS Garmin® Montana 650, estabelecendo um único sistema padrão de coordenadas geográficas para todos os demais procedimentos.

A classificação das imagens foi realizada através da rotina supervisionada de classificação *Spectral Angle Mapper* (S.A.M.), cuja técnica consiste em um mapeamento a partir do espectro de refletância, em que o algoritmo determina a semelhança espectral entre os dois espectros dos pixels de referência (Petroupolus, et.al., 2010). Por meio desta técnica minimiza-se os efeitos de iluminação solar, pois o ângulo entre os dois vetores é independente do comprimento, é um procedimento rápido para mapear a semelhança espectral da imagem de referência, e reprime a influência de efeitos de sombreamento no alvo (Kruse et.al., 1993). Entretanto, estes modelos de classificação *pixel a pixel* apenas determinam informações isoladas e encontram regiões homogêneas, devendo então associar a informação espacial na classificação (Anderson, 2004), com posterior filtragem visando homogeneizar os *pixels*, resultando em uma melhor distribuição da classe.

Figura 1. Estado do Rio Grande do Sul na América do Sul. Demarcação do Bioma Mata Atlântica no Brasil. Área de estudo em Bento Gonçalves, Farroupilha e Pinto Bandeira



Fonte: O Autor.

Para o mapeamento de alta resolução espacial de manchas de invasão de *L. lucidum* utilizamos imagens do satélite Geoeye (*pixel* de 0,25m²), com fusonamento

das bandas do visível (2 e 3) e do infravermelho próximo (4), datadas de dezembro de 2011. Empregamos a rotina supervisionada de classificação *Spectral Angle Mapper* (S.A.M.), a partir de 318 áreas de interesse identificadas e georreferenciadas a campo. As imagens raster foram trabalhadas e classificadas no software de Sensoriamento Remoto (ENVI 5.0), sendo que as classes de uso do solo definidas por efeitos de equalizações e composições das bandas do visível e do infravermelho (Ponzoni et. al., 2012; Florenzano 2011) em: florestas, áreas de agricultura, água, urbanização, eucalipto, pinus e ligustro priorizando a ocorrência da espécie invasora (Figura 2).

Figura 2. *L. lucidum* em meio a vegetação demonstrando o grande realce que a espécie proporciona na área de estudo. (A) Vegetação com presença do Ligustro nas manchas mais escuras; (B) Imagem em infravermelho com destaque para as manchas claras que representam a espécie em meio as florestas; (C) Exemplares adultos da espécie; (D) Folhas e frutos da árvore.



Fonte: O Autor.

O mapeamento de ocorrência do *L. lucidum* nas imagens do Satélite Landsat 5 TM (*pixel* de 900m²), datadas de outubro de 2011 e obtida junto ao INPE, foi

realizada com as mesmas técnicas e processos de fusionamento de bandas, estabelecimento das regiões de interesse em campo e definição dos *pixels* e as áreas na classificação, assim como realizado com as imagens do Geoeye, entretanto apenas para as classes de florestas, agricultura, água, urbanização e ligustro, face ao tamanho do *pixel*, totalizando 48 áreas de interesse. Ademais dos procedimentos realizados, houve uma análise do índice de vegetação, NDVI, para orientar a interpretação visual das imagens e para comprovar se havia diferença entre as médias dos valores dos índices para áreas florestais com a presença da espécie invasora e para áreas florestais sem a presença da espécie sendo amostrados os dados individuais de NDVI de 80 pontos de controle, sendo 40 para *L. lucidum* e 40 para vegetação arbórea. Esse índice, é um quociente normalizado de bandas infravermelho e vermelho de imagens Landsat, foi usado com sucesso para detectar áreas invadidas por espécies exóticas (Bradley e Mustard, 2006; Hoyos, 2007; Hoyos et.al., 2010).

O índice de vegetação consiste em uma equação que tem como variáveis as bandas do vermelho e infravermelho próximo, como se segue:

$$NDVI: IVP - V / IVP + V$$

Onde:

IVP: valor da reflectância da banda no Infravermelho próximo

V: valor de reflectância da banda no vermelho

SIG e Fluxograma de Análise

O Sistema de Informações Geográficas - SIG, foi construído no software ARCGIS 10.0, utilizando os arquivos vetoriais exportados da classificação de uso do solo e utilizando as rotinas de trabalho das ferramentas do *Analysis tools*.

O fluxograma geral das etapas desenvolvidas para a análise e validação do processo de classificação do uso do solo e identificação da espécie invasora estudada foi elaborado conforme Anexo 6, mesclando técnicas e modelos desenvolvidos por Borges e Barros Silva (2009) e Anderson (2004).

Acurácia das Classificações

Foi aplicado o índice de concordância Kappa (Hudson e Ramm, 1987), a fim de avaliar-se a exatidão das classificações através do emprego da matriz de confusão. Dessa forma, comparou-se os valores obtidos a uma tabela de referência

que possui variação de 0 a 1 (Anexo 4), correlacionando assim a qualidade das classificações temáticas produzidas e estando fundamentada em critérios de análise multivariada discreta, na medida de concordância entre a classificação obtida e a referência (dados de campo) adotada para a estimativa da exatidão (Congalton et. al., 1983).

Para se atingir os valores de Kappa, foi verificado a compatibilidade dos dados da realidade com os dados interpretados. Junto ao Anexo 5 apresentamos um modelo de dados de campo (realidade) e dados interpretados para uma sequência qualquer de 50 pontos de controle, demonstrando o modelo para obtermos a acurácia de nossa classificação (Borges e Barros Silva, 2009).

Antes de calcular o índice de Kappa para validação dos mapas, foram calculados o erro de omissão (EO) e o erro de comissão (EC), garantindo a qualidade dos dados, cujos valores de erros variam entre 0 e 1, e o valor 1 corresponde ao erro maior. A omissão se refere a uma definição imperfeita da categoria e a comissão se refere a uma delimitação excessiva da categoria. O índice Kappa por sua vez, é calculado pela equação:

$$Ik = (D - Q) / (T - Q)$$

Onde:

D: total de pixel que apresentam compatibilidade pela diagonal principal

T: total de pixel examinados

Q: é o resultado da expressão que envolve a multiplicação dos valores totais (horizontal e vertical) de cada uma das classes, dividido pelo total dos pontos coletados.

Para verificar a acurácia da ocorrência do *L. lucidum* após a classificação determinou-se pontos de controle em campo, sendo para as imagens do Geoeye 240 pontos, divididos de igual forma para cada um dos 20 quadrantes (03 Ligustro, 03 Floresta, 01 Pinus, 01 Eucalipto, 01 Água e 01 Urbanização). Já para as imagens do Landsat 5 TM, foram demarcados 140 pontos de controle distribuídos em cada quadrante, sendo (02 Ligustro, 02 Floresta, 01 Água, 01 Agricultura e 01 Urbanização).

Área de Ocorrência Potencial

Após a definição de uma técnica acurada de determinação da ocorrência da espécie exótica, definiu-se uma área de maior abrangência territorial para verificarmos a ocorrência potencial da mesma, tendo como base para delimitação a

altitude média de ocorrência e características de uso do solo, relevo e hidrografia, definindo-se uma área de 341.000 hectares na região serrana do sul do Bioma Mata Atlântica.

Resultados

A realização da classificação das manchas de ligustro com base nas imagens do Satélite Geoeye apresentou uma área de 239,60 hectares de poligonais ocupadas pela espécie invasora, totalizando 64.500 manchas, cujo tamanho maior alcançou 13.280,81m² e tamanho menor 1m², conforme Apêndice 1.

Na Tabela 1 estão dispostos os valores da matriz de confusão, gerada pela verificação em campo e pela imagem classificada, a partir dos quais foram obtidos os valores para os erros de omissão e comissão, o índice Kappa e a exatidão global.

Tabela 1. Matriz de confusão, com os erros de omissão, comissão, índice Kappa e exatidão global, obtidos pela verificação em campo e pela classificação da imagem do Geoeye.

Classificação	<i>L. lucidum</i>	Floresta	Agricultura	Pinus	Eucalipto	Água	Urbanização	Total	Erro de Comissão
<i>L. lucidum</i>	51	0	2	3	4	0	0	60	0.15
Floresta	0	54	6	0	0	0	0	60	0.10
Agricultura	0	0	40	0	0	0	0	40	0.00
Pinus	0	0	0	13	6	0	0	20	0.35
Eucalipto	0	0	1	3	17	0	0	20	0.15
Água	0	0	0	0	0	20	0	20	0.00
Urbanização	0	0	0	0	0	0	20	20	0.00
Total	51	54	49	19	27	20	20	240	-
Erro de Omissão	0.00	0.00	0.18	0.32	0.37	0.00	0.00	-	0.10

Fonte: O autor.

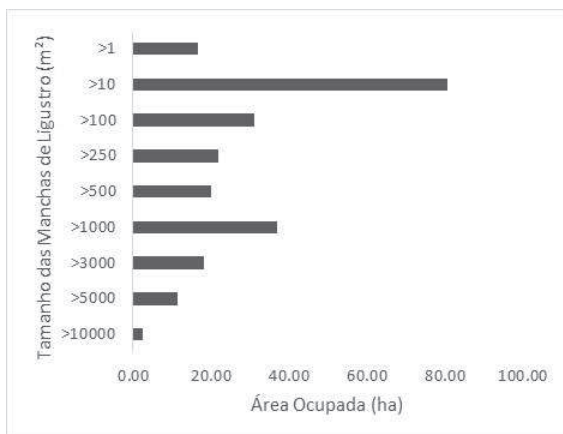
O mapa de ocorrência da espécie invasora estudada a partir e imagens de alta resolução espacial apresentou um índice kappa de 0,86 e um valor de exatidão global na classificação de 90% dos *pixels*. Analisando apenas a classe do *L. lucidum*, não houve nenhum erro de omissão e apenas 0.15 de erro de comissão com outras 03 classes de uso do solo.

Analisando a Figura 3 e Figura 4, classificou-se as manchas do ligustro em 09 categorias distintas de tamanho, partindo da menor, 1 m², e adotando como maior as de metragem superior a 10.000,00m². Devido ao refinamento de informações obtidas

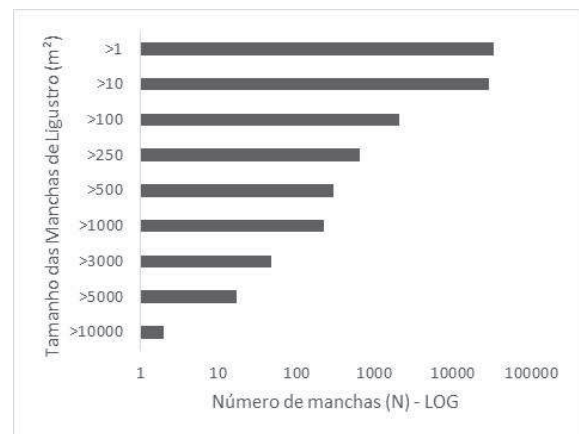
com a imagem de alta resolução, obteve-se nas manchas com área entre >10 e <100 metros quadrados a maior percentagem, com 33,69% e ocupando uma área de 80,73 hectares.

Entretanto, somadas as cinco categorias de maior porte, totalizou-se 588 áreas com a presença da espécie, perfazendo um total 37,10% da área invadida e ocupando 88,90 hectares. Esta variação de tamanhos e distribuição bastante variados deve-se sobretudo a presença de grandes maciços monoespecíficos encontrados em áreas de uso agrícola pretérito e por pontos de início da dispersão, tais como pátios de residências, beira de cursos d'água e quebra-vento ao longo de divisas e galpões para uso avícola ou ovino, muito comum na região.

Figura 3. Gráfico da área ocupada por *L. lucidum* na imagem do Geoeye, por classe de tamanho. Figura 4. Gráfico do número de manchas de *L. lucidum* na imagem do Geoeye em cada classe de tamanho das manchas.



Fonte: O autor.

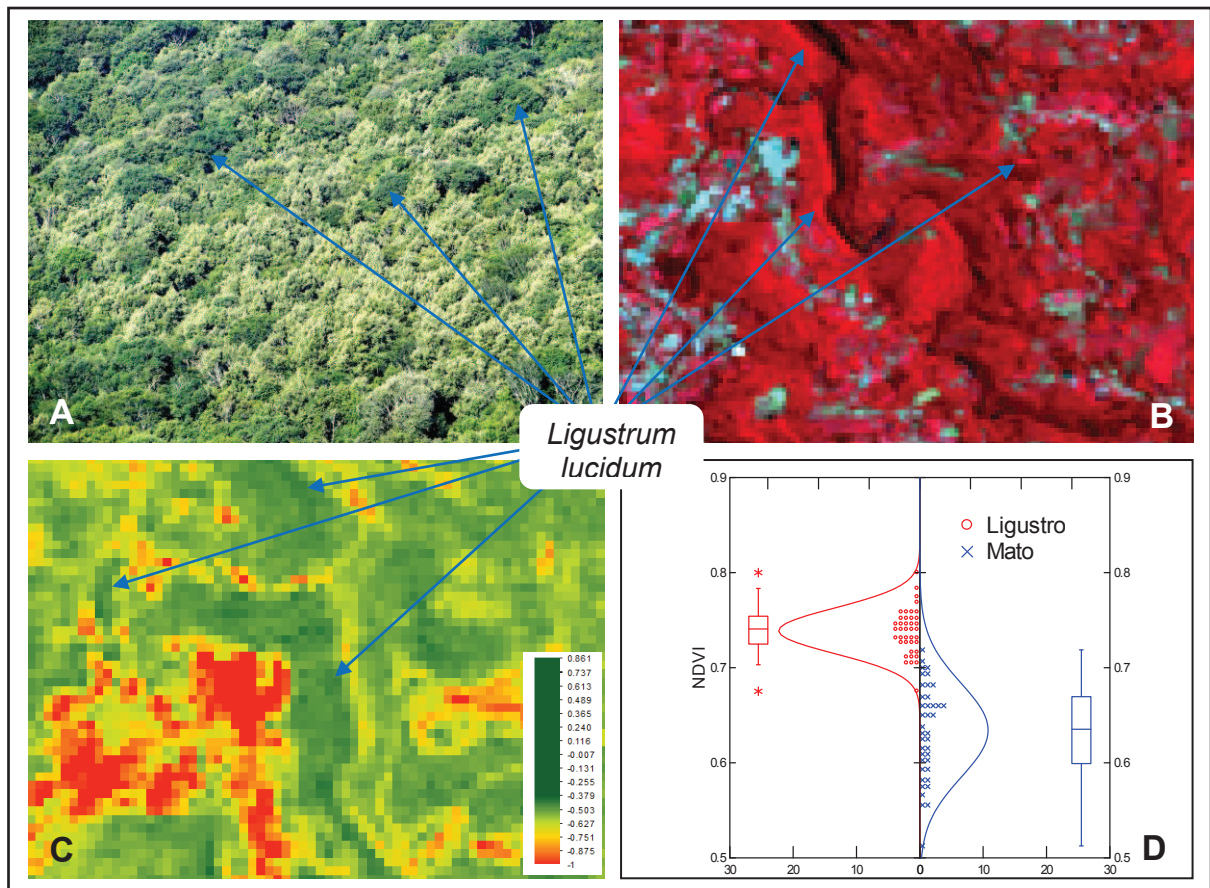


Fonte: O autor.

Com imagens do Satélite Landsat 5 TM procedeu-se inicialmente a realização do cálculo do NDVI, de forma a evidenciar as manchas de *L. lucidum* ocorrentes na área conforme Hoyos (2007). O índice de vegetação apresentou uma variação de -0,8759 para áreas com acúmulo de água a 0,8613 para áreas de vegetação com maior produtividade primária.

A média do índice de vegetação para o *L. lucidum* foi de 0,739 (σ 0,024) enquanto que para as áreas de vegetação arbórea sem a presença da espécie invasora foi de 0,634 (σ 0,049). Para confirmar que existe diferença entre as médias rodou-se um teste-T de Student, obtendo o valor de ($t=12,073$, $p<0,001$), o que confirma que há diferença significativa entre os valores médios (Figura 5).

Figura 5. Representação esquemática dos resultados obtidos com o estudo do NDVI, com as setas apontando áreas de ocorrência da espécie. (A) Manchas de *L. lucidum* visíveis em meio as formações florestais (B) Composição (4,3,2) com infravermelho próximo realçando as manchas vermelhas claras que representam a espécie invasora. (C) NDVI calculado para as áreas de estudo; (D) Gráfico com a média e o desvio padrão dos pontos amostrados de NDVI para a espécie invasora e as áreas de vegetação arbórea sem a espécie.

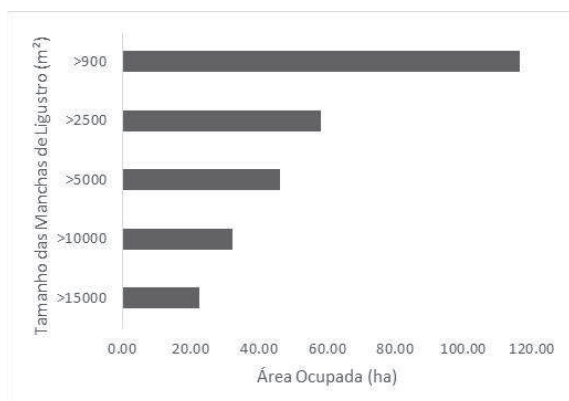


Fonte: O Autor.

Apenas com a geração do NDVI pode-se gerar uma área de 275,41 hectares de poligonais ocupadas pela espécie invasora, totalizando 1350 manchas, cujo tamanho maior alcançou 76.831,86m² e tamanho menor 914,67m², conforme Apêndice 3, Figura 6 e Figura 7.

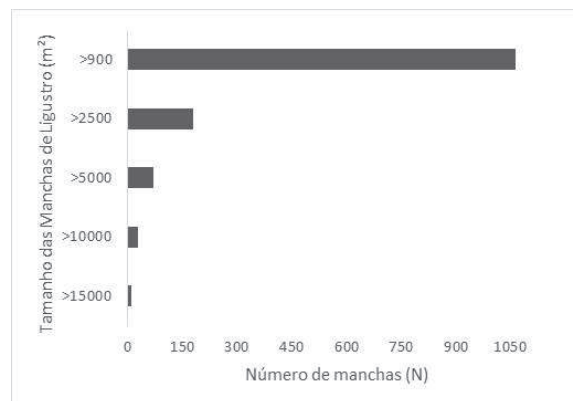
De posse dos índices de vegetação, corroborando que existe diferença nas áreas com a presença da espécie invasora, realizou-se a classificação da sua ocorrência nas Imagens do Satélite Landsat 5 TM, definindo-se as áreas de interesse com base nos valores obtidos no NDVI.

Figura 6. Gráfico da área ocupada por *L. lucidum* na imagem do Landsat 5 TM, por classe de tamanho, pelo método NDVI.



Fonte: O Autor.

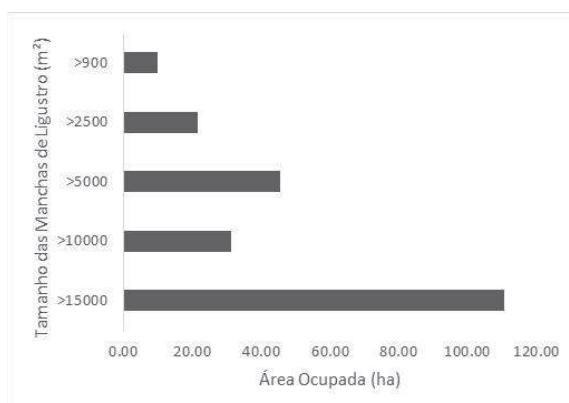
Figura 7. Gráfico do número de manchas de *L. lucidum* na imagem do Landsat 5 TM, em cada classe de tamanho das manchas, pelo método NDVI.



Fonte: O Autor.

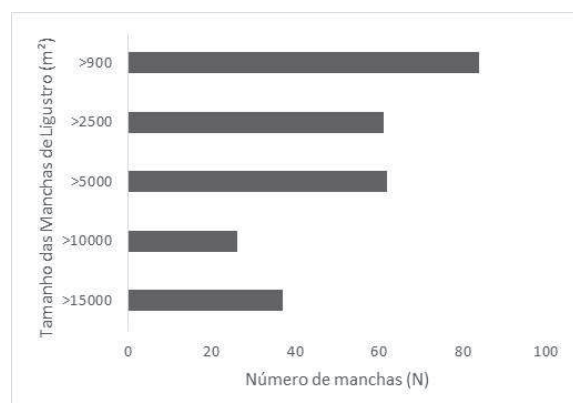
O resultado representado junto ao apêndice 5, apresentou uma área de 219,06 hectares de poligonais ocupadas pela espécie invasora, totalizando 270 manchas, cujo tamanho maior alcançou 87.674,63m² e tamanho menor 903,86m², demonstrando que mesmo *pixels* isolados respondem pela classificação realizada e corroborando que após a filtragem da classificação alguns *pixels* fragmentados deixaram de existir e outros foram agrupados, formando manchas maiores de ocorrência, conforme podemos ver junto ao Apêndice 5, Figura 8 e Figura 9.

Figura 8. Gráfico da área ocupada por *L. lucidum* na imagem do Landsat 5 TM, por classe de tamanho.



Fonte: O Autor.

Figura 9. Gráfico do número de manchas de *L. lucidum* na imagem do Landsat 5 TM, em cada classe de tamanho das manchas.



Fonte: O Autor.

Para a classificação supervisionada realizada com as imagens do Landsat 5 TM gerou-se a matriz de confusão, obtida pela verificação em campo e pela imagem

classificada, a partir dos quais foram obtidos os valores para os erros de omissão e comissão, o índice Kappa e a exatidão global conforme Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de confusão com os erros de omissão, comissão, índice Kappa e exatidão global, obtidos pela verificação em campo e pela classificação da imagem do Landsat 5 TM.

Classificação	<i>L. lucidum</i>	Floresta	Água	Agricultura	Urbanização	Total	Erro de Comissão
<i>L. lucidum</i>	26	8	0	6	0	40	0.35
Floresta	7	32	0	1	0	40	0.20
Água	0	0	19	1	0	20	0.05
Agricultura	2	2	0	16	0	20	0.20
Urbanização	0	0	0	1	19	20	0.05
Total	35	42	19	25	19	140	-
Erro de Omissão	0.26	0.24	0.00	0.36	0.00	-	0.20

Fonte: O autor.

O mapa de ocorrência da espécie invasora estudada apresentou um índice kappa de 0,74 e um valor de exatidão global na classificação de 80% dos pixels. A classe do *L. lucidum* apresentou um erro de omissão de 0.26 e um erro de comissão de 0.35, sobretudo associado com áreas de floresta.

Como a identificação da espécie invasora pela simples confirmação dos índices de vegetação não representa um método com acurácia e classificação de usos do solo distintos, cruzamos os dados obtidos para NDVI e para S.A.M, obtendo uma área invadida comum de 93,72 hectares, que corresponde a interseção das duas formas de definição, com 86,82% das poligonais sobrepostas de tamanhos inferiores a 5.000,00m², conforme vemos na Tabela 3.

Tabela 3. Tabela das manchas de intersecção da ocorrência do *L. lucidum* definidas pela imagem Landsat 5 TM.

Área (m ²)	Número de Manchas	Área Ocupada (m ²)	Área Ocupada (ha)	Percentual (%)
>15000	2	38790.90	3.88	3.67
>10000	8	100504.18	10.05	9.51
>5000	39	279544.17	27.95	26.45
>2500	73	245396.11	24.54	23.22
>1	503	392648.49	39.26	37.15

Fonte: O autor.

Visando identificar a ocorrência da espécie invasora por meio das áreas identificadas e classificadas pelas imagens do Landsat 5 TM, podemos obter uma

área global ao somar a área de intersecção das duas metodologias (93,72ha), com as duas áreas totais descontadas as áreas de intersecção (182,42ha para NDVI e 125,34ha para NDVI+SAM). Dessa forma, temos uma ocorrência total de 401,48ha por meio do uso das imagens do Landsat 5 TM.

Por fim, coube realizar uma acurácia nesta definição das imagens de menor resolução espacial por base nas de maior resolução. Por meio desta análise final obteve-se um índice kappa de 0.38, apenas em se tratando da acurácia da classificação nas imagens do Landsat 5 TM por meio dos pontos de controle estabelecidos pelas imagens do Geoeye, e levando em consideração os pontos de *L. lucidum* e floresta. Podemos confirmar um erro de omissão de apenas 0.17, enquanto que o erro de comissão, atribuído a grande presença de floresta nos arredores da espécie foi de 0.52, com uma exatidão de classificação de 69%.

Após a definição e acurácia do uso das imagens do Landsat 5 TM para determinação da ocorrência da espécie, com uma exatidão de 69% tendo por base as imagens de alta resolução espacial, aplicamos o método para uma região de maior amplitude, visando determinar a ocorrência potencial da espécie. Esta região foi definida por base nas cotas de altitude, relevo e composição de uso do solo semelhantes, totalizando 341.000,00 hectares, configurando uma região retangular e sem levar em consideração divisas político-administrativas, fato este que incluiu na análise alguns trechos com altitudes inferiores as estudadas na área de acurácia, mas que possuem características de declividade e formações vegetais parecidas. Conforme os Apêndices 8 e 9, podemos verificar a ocorrência potencial da espécie por base na área que estudamos, perfazendo 6464 manchas e ocupando uma área de 16.319 hectares. Concomitante verificamos a ocorrência de 151.145 hectares de florestas em diversos estágios, que ocorrem associados ao *L. lucidum*.

Analisando a ocorrência da espécie em relação a área florestal, temos uma ocupação de 9.74%, o que já permitiria em acordo com a Resolução do CONABIO nº 05/2009 que fossem elaborados Planos e Medidas de Ação para Erradicação, Contenção, Controle e Monitoramento da espécie.

Discussão

A expansão e ocorrência do *L. lucidum* é provavelmente o resultado de uma mudança nas espécies de árvores dominantes nos povoamentos florestais durante

os últimos estágios da invasão, quando a espécie cresce mais alto do que as espécies nativas e domina a cobertura do dossel (Hoyos et al., 2010)

As imagens do Satélite Geoeye possibilitaram uma excelente ferramenta para identificação e definição da invasão, provando ser uma ótima fonte de dados para esta finalidade, com limiares de precisão na detecção que atingiram 90% e índice kappa de 0.86, com apenas um pequeno erro de comissão de 0.15.

Já as imagens do Landsat 5 TM não apresentaram uma condição tão favorável como as imagens de alta resolução espacial, mas alcançamos uma precisão de detecção de 80% e índice kappa de 0.74, com erros de comissão e omissão altos, associados sobretudo aos ambientes florestais circunvizinhos a espécie invasora.

Se compararmos com outros estudos similares realizados com a mesma espécie, como Gavier-Pizarro et.al. (2012) que obteve precisão de detecção de 84% e Hoyos et.al. (2010) que obteve uma precisão de 97%, alcançamos valores intermediários, o que torna nossa validação para ambas as técnicas excelente. Ainda mais que os estudos comparados realizados na Argentina, nas províncias de Córdoba e Tucumán, representam regiões geográficas com características climatológicas semelhantes, de verões brandos (média de 24°C) e invernos mais rigorosos (média de 10°C). A condição diferencial refere-se aos índices pluviométricos, que apresentam valores anuais médios de 900mm com invernos bastante secos, sendo extremamente contrário ao da nossa área de estudo.

Estudos realizados com outras espécies, porém com as mesmas técnicas de classificação, como Bradley & Mustard (2006), com espécies de gramíneas invasoras, obtiveram precisões de detecção entre 65 e 74%, ou seja, inferiores aos nossos resultados.

Ao compararmos as classificações realizadas pelas diferentes imagens, torna-se claro que a influência do tamanho do *pixel* é evidente, uma vez que, a resolução espectral de ambas imagens possui pequena variação ao compararmos as mesmas bandas espectrais. Assim, como afirmou Gavier-Pizarro et.al. (2012) e podemos corroborar, imagens do Landsat TM possuem limitações para mapear o ligustro para os casos de povoamentos mistos, em ocorrência conjunta com florestas, não conseguindo uma detecção confiável com esta resolução espacial empregada.

O uso de imagens Landsat TM/ETM, que são frequentemente usadas com sucesso para mapear invasões em pontos específicos, apenas permite bons

resultados para manchas homogêneas com mais de 0,5 hectares e que possuam uma fenologia de vegetação nativa circundante diferente possibilitando elaborar um modelo de mapa com partes claras e escuras representando cada classe (Peterson, 2005). No entanto, a espécie também é amplamente distribuída como indivíduos dispersos formando comunidades mistas com espécies nativas (Aragón & Morales, 2003).

Técnicas de mapeamento com imagens de alta resolução espacial requerem o emprego de equipamentos de alta capacidade de processamento, memória e armazenamento, podendo ser inviável para definições do potencial de invasibilidade em uma dada região de estudo para uma espécie. Janelas espaciais com alta resolução devem ser estudadas ao longo de gradientes latitudinais e longitudinais, formando uma base de controle e acurácia para o mapeamento de invasões desde seu início até grandes maciços.

A combinação das técnicas de NDVI com classificação supervisionada S.A.M. mostrou-se eficiente para as imagens Landsat TM, porém reduziu significativamente o número de manchas e não detectou ocorrências isoladas, representando uma excelente ferramenta para mapeamentos de invasões em grau avançado de detecção. Por outro lado, a aplicação da classificação S.A.M. mostrou-se excelente para as imagens Geoeye, que mesmo que possuam resolução espectral próxima as do Landsat TM, devido a sua alta resolução espacial, mostram-se ser capazes de mapear com grande precisão desde indivíduos isolados até grandes populações da espécie, com índices de acurácia similares ao de emprego de imagens hiperspectrais, que chegam a 97% como o mapeamento de gramíneas invasoras (Lass et. al., 2005).

As técnicas empregadas no estudo mostraram-se eficazes para serem aplicadas inclusive com outras espécies invasoras que podem ser encontradas no Bioma Mata Atlântica, sobretudo aplicando-se técnica combinadas de geração do NDVI para identificação pela produtividade primária ou pela resposta espectral associada ao tamanho do pixel em imagens de alta resolução espacial. Dessa forma, poderíamos desenvolver técnicas acuradas de mapeamento, modelagens ambientais (Apêndice 09) e monitoramento de espécies invasoras, indicando áreas prioritárias para implantação de programas de reestruturação e recuperação de ambientes invadidos.

Para aumentar nossos índices de acurácia com as imagens do Landsat TM, utilizamos imagens obtidas durante o período de floração do *L. lucidum*, que ocorre de outubro a fevereiro, que pode fornecer melhores fontes de reconhecimento (Somodi et.al., 2012).

Devido a ocorrência em ampla escala do *L. lucidum* como invasor, o controle só pode ser possível em fases iniciais do processo, sendo economicamente restritiva e ecologicamente inviável quando já se tornam comuns em uma área (Gavier-Pizarro et.al., 2012). Se erradicar a espécie quando dominante se torna difícil, necessita-se então realizar o controle nas fases iniciais, desencorajando o seu cultivo e plantio ornamental, erradicando fontes de dispersão de sementes e corrigindo pontos de vulnerabilidade que podiam ser alvos de controle iniciais (Aragón & Groom, 2003).

Podemos definir de forma objetiva uma técnica eficaz para a definição da ocorrência da espécie, de forma a descrever um protocolo de mapeamento: (1) uso de imagens de alta resolução (seja por sensores orbitais ou VANT's) para mapear a invasão inicial e de maciços em janelas de espaço menores e de forma acurada; (2) determinação das áreas de interesse para validação das imagens de baixa resolução, que possibilitarão análises temporais; (3) definição de protocolos para tomada de decisão e programas de controle e manejo; (4) definição de áreas prioritárias para remediação de áreas em estágio inicial de invasão e recuperação de áreas tomadas pela espécie.

A espécie possui ocorrência confirmada e representativa na área e em curto espaço de tempo poderá se tornar uma ameaça ao ecossistema florestal na região sul do Bioma Mata Atlântica, alcançando percentuais de invasão que não possibilitem sua erradicação. Limitar a propagação da espécie e reduzir sua ocorrência deve ser colocado nos planos de gestão ambiental e territorial dos municípios atingidos, grupos de conservação e entidades de pesquisa, incluindo nos estudos além do mapeamento a correlação com demais fatores associados à sua dispersão.

Desenvolver programas de educação ambiental e fontes de comunicação com empresas de paisagismo e produtores de mudas visando a não utilização mais da espécie (Gavier-Pizarro et.al., 2012), aplicar as legislações existentes quanto as formas de controle, propagação e monitoramento (CONSEMA, 2012; IAP, 2009; SEMA, 2013), assim como desenvolver um monitoramento contínuo da espécie é

crucial para avaliarmos a distribuição espacial e temporal em uma paisagem ou em uma escala regional, e em última análise, melhor compreender os fatores que determinam a invasão destes (Gavier-Pizarro et.al., 2012).

Embora sabe-se que as invasões biológicas estejam causando impactos ecológicos e sociais, poucas pesquisas têm sido desenvolvidas para propiciar técnicas de medição e monitoramento em escalas regionais e até mesmo nacionais, orientando a criação de políticas de gestão. O *L. lucidum* já demonstra um potencial invasivo com valor de cobertura de 10% das áreas florestais, apresentando-se de forma dominante a inúmeras espécies nativas e de valor ecológico do Bioma Mata Atlântica, como a *Araucaria angustifolia* (9,06%), *Nectandra megapotamica* (5,89%), *Matayba elaeagnoides* (4,71%), *Cupania vernalis* (4,76%) e *Sebastiania commersoniana* (4,59%) (Rio Grande do Sul, 2002).

Amparado nas diretrizes estabelecidas pela Resolução CONABIO nº 5 de 21 de outubro de 2009 que dispõe sobre a estratégia nacional sobre espécies exóticas invasoras no Brasil, os entes federativos das áreas de ocorrência do *L. lucidum*, deveriam definir diretrizes gerais de Pesquisa e Monitoramento (item 5), Educação e Sensibilização Pública (item 6) e ações de mitigação dos impactos, Interna e Externa (item 12), Erradicação (item 13), Contenção (item 14) e Controle (item 15).

Referências

- Anderson, L. O. (2004) Classificação e monitoramento da cobertura vegetal de Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS. (INPE- 12290-TDI/986). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 247p.
- Antrop, M. (2000) Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe. *Landscape Ecology*, 15, 257-270.
- Aragón, R., & Groom, M. (2003). Invasion by *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) in NW Argentina: Early stage characteristics in different habitat types. *Revista de Biología Tropical*, 51, 59-70.
- Aragón, R., & Morales, J. M. (2003). Species composition and invasion in NW Argentinian secondary forest: Effects of land use history, environment and landscape. *Journal of Vegetation Science*, 14, 195-204.
- Ayup, M.M., Montii, M., Aragón, R., Grau, H.R. (2014) Invasion of *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) in the southern Yungas: Changes in habitat properties and decline in bird diversity. *Acta Oecologica* 54, 72-81.

Borges, E.F. & Barros Silva, A. (2009) Técnicas de segmentação de imagens e classificação por região: mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, Mucugê, BA. Mercator, V8, Nº 17, 209-220.

Bradley, B.A. & Mustard, J.F. (2006) Characterizing the landscape dynamics of an invasive plant and risk of invasion using remote sensing. *Ecol Appl* 16:1132–1147

Congalton, R.G.; Oderwald, R.G.; Mead, R.G. (1983) Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate statistical techniques. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49(12): 1671-1678.

Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina – CONSEMA (2012). Resolução nº 08, de 14 de setembro de 2012. Reconhece a lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras no Estado de Santa Catarina e dá outras providências. Publicado no DOE em 02 de outubro de 2012. 11p.

Comissão Nacional de Biodiversidade – CONABIO. Ministério do Meio Ambiente – MMA (2009). Resolução nº 05, de 21 de outubro de 2009 e Anexo Único. Dispõe sobre a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras. 25p.

Duguay, S., Eigenbrod, F., & Fahrig, L. (2007). Effects of surrounding urbanization on non-native flora in small forest patches. *Landscape Ecology*, 22, 589-599.

Elton, C. S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. USA: The University of Chicago Press.

Falcade, I., Mandelli, F. (1999) Vale dos Vinhedos. Caracterização Geográfica da Região. Caxias do Sul, EDUCS, 144p.

Florenzano, T.G. (2011) Iniciação ao sensoriamento remoto. 3.ed. ampliada e atualizada. São Paulo. Oficina dos Textos.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - FEPAM (2005) Biblioteca Digital. Base cartográfica digital do RS em escala 1:250.000. Disponível em http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp.

Gavier-Pizarro, G. I., Kuemmerle, T., Hoyos, L. E., Stewart, S. I., Huebner, C. D., Keuler, N. S., Radelof, V. C. (2012) Monitoring the invasion of an exotic tree (*Ligustrum lucidum*) from 1983 to 2006 with Landsat TM/ETM + satellite data and Support Vector Machines in Córdoba, Argentina. *Remote Sensing of Environment*: 122, 134-145.

GISP - Programa Global de Espécies Invasoras (2005) América do Sul invadida: A crescente ameaça das espécies exóticas invasoras. África do Sul. 80pp. Disponível em <<http://www.institutohorus.org.br/download/gispSAmericapo.pdf>> Acesso em 05 de junho de 2015.

Grau, H.R. & R. Aragón (2000). Ecología de los árboles invasores de la Sierra de San Javier. In H.R. Grau & R. Aragón (eds.). *Arboles Exóticos de las Yungas Argentinas*. LIEY-UNT. Argentina. p.5-20.

Guisan, A.; Thuiller, W. (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8:993-1009.

Hoffmann, A.; Guerra, C. C.; Tonietto, J., Mello, L. M. R.; Hoff, R.; Camargo, U. A.; Falcade, I.; Hasenack, H.; Sarmiento, E. C.; Weber, E. (2005) Serra Gaúcha - demarcação da zona de produção vitivinícola. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 25 p. (Nota Técnica).

Hoyos, L.E. (2007) Evaluación del grado de invasión del siempreverde (*Ligustrum lucidum*) en la Sierras Chicas de Córdoba. Tesis de Maestría, Programa de Postgrado em Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Hoyos, L. E., Gavier-Pizarro, G. I., Kuemmerle, T., Bucher, E. H., Radeloff, V. C., & Tecco, P. A. (2010). Invasion of glossy privet (*Ligustrum lucidum*) and native forest loss in the Sierras Chicas of Córdoba, Argentina. *Biological Invasions*, 12, 3261-3275.

Hudson, W.D.; Ramm, C.W. (1987) Correct formulation of the Kappa coefficient of agreement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 53(4): 421-422.

I3N Brasil (2015) Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis – SC. Acesso on line < <http://i3n.institutohorus.org.br> > Acesso em 05 de junho de 2015.

IBGE. (1990). Geografia do Brasil - Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE. 419 p.

_____. (2010) Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Censo Demográfico. Acesso on line < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=430210> > Acesso em 05 de janeiro de 2015.

Instituto Ambiental do Paraná – IAP (2009). Portaria nº 125, de 07 de agosto de 2009. Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras para o Estado do Paraná, estabelece normas de controle e dá outras providências. Publicado no DOE em 17 de setembro de 2009. 16pg.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Image Catalog. Divisão de Geração de Imagens. Acesso on line. < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> > Acesso em 15.maio.2014.

Kruse, F.A.; Boardman, J.W.; Lefkoff, A.B.; Heidebrecht, K.B.; Shapiro, A.T.; Barloon, P.J.; Goetz, A.F.H. (1993) The Spectral Image Processing System (SIPS)—interactive visualization and analysis of imaging spectrometer Data. *Remote Sens. Environ.* 44, 145-163.

Lass LW, Prather TS, Glenn NF, Weber KT, Mundt JT, Pettingill JA (2005) Review of remote sensing of invasive weeds and example of the early detection of spotted knapweed (*Centaurea maculosa*) and babysbreath (*Gypsophila paniculata*) with a hyperspectral sensor. *Weed Sci* 53:242–251

Lowry E., Rollinson E. J., Laybourn A. J., Scott T. E., Aiello-Lammens M. E., Gray S. M., Mickley J. & Gurevitch J. (2013) Biological invasions: a field synopsis, systematic review, and database of the literature. *Ecology and Evolution*. 3(1): 182–196

Meyerson, L. A., & Mooney, H. A. (2007). Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 199-208.

Moffatt, S. F., Mclachlan, S. M., & Kenkel, N. C. (2004). Impacts of land use on riparian forest along an urban–rural gradient in Southern Manitoba. *Plant Ecology*, 174, 119-135.

Moreno, J.A. (1961) *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Agricultura. 41p.

Peterson, E. B. (2005). Estimating cover of an invasive grass (*Bromus tectorum*) using Tobit regression and phenology derived from two dates of Landsat ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 26, 2491-2507.

Petroupolus, G.P.; Vadrevu, K.P.; Xanthopoulos, G.; Karantounias, G.; Scholze, M. A. (2010) Comparison of Spectral Angle Mapper and Artificial Neural Network Classifiers Combined with Landsat TM Imagery Analysis for Obtaining Burnt Area Mapping. *Sensors* 10, 1967-1985.

Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E.; Kuplich, T.M (2012) *Sensoriamento remoto da vegetação*. 2. ed. atualizada e ampliada. São Paulo. Oficina dos Textos.

Rejmánek, M. & Richardson, D.M. (2013) Trees and shrubs as invasive alien species – 2013 update of the global database. *Diversity and Distributions*, 19, 1093–1094.

Rio Grande do Sul. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. *Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: FATEC/SEMA, 2002. Acesso on line. < <http://www.ufsm.br/ifcfs>> Acesso em 20.10.2015.

Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA, Governo do Estado do Rio Grande do Sul (2013). Portaria n° 79 de 31 de outubro de 2013. Reconhece a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. Publicado no DOE em 01 de novembro de 2013.16p.

Somodi, I., Carni, A., Ribeiro D., Podobnikar, D. (2012) Recognition of the invasive species *Robinia pseudacacia* from combined remote sensing and GIS sources. *Biological Conservation* 150, 59–67.

Sullivan, J. J., Timmins, S. M., & Williams, P. A. (2005). Movement of exotic plants into coastal native forests from gardens in northern New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 29, 1-10.

Vitousek, P. M., D'Antonio, C. M., Loope, L. L., & Westbrooks, R. (1996). Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, 84, 468-478.

Wania, A., Kuhn, I., & Klotz, S. (2006). Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in central Germany - Spatial gradients of species richness. *Landscape and Urban Planning*, 75, 97–110.

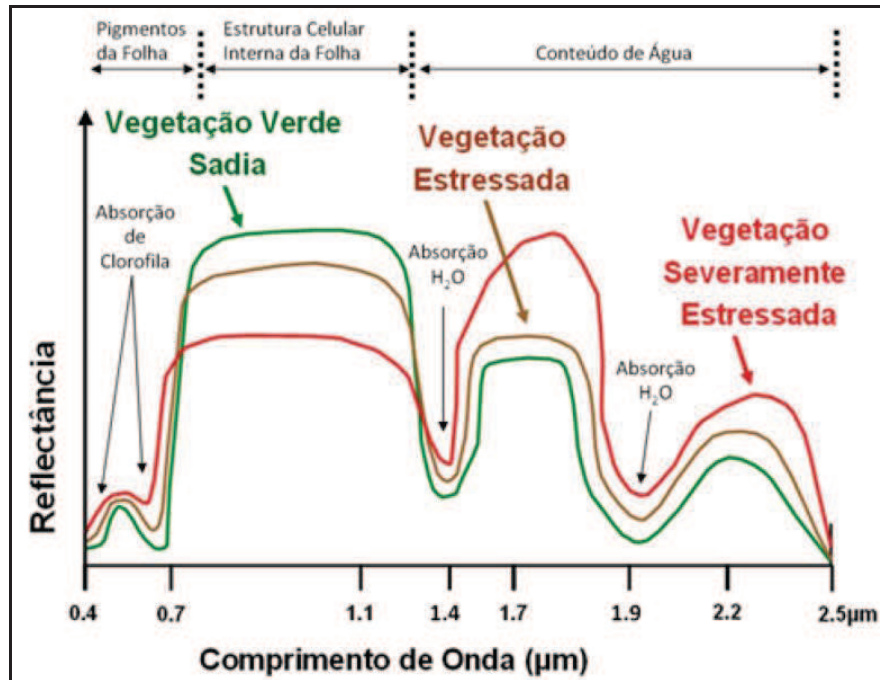
Wilson, J.R.U., Caplat, P., Dickie, I.A., Hui, C., Maxwell, B.D., Nunez, M.A., Pauchard, A., Rejmánek, M., Richardson, D.M., Robertson, M.P., Spear, D., Webber, D.L., Wilgen, B.W. e Zenni, R.D.(2014) A standardized set of metrics to assess and monitor tree invasions. *Biol Invasions* 16:535–551.

Zenni, R.D. (2014) Analysis of introduction history of invasive plants in Brazil reveals patterns of association between biogeographical origin and reason for introduction. *Austral Ecology* 39, 401–407.

Zenni, R.D. & Ziller, S.R. (2011) An overview of invasive plants in Brazil. *Revista Brasil. Bot.*, V.34, n.3, p.431-446.

Anexos

Anexo 1. Curvas espectrais da vegetação sadia e estressada.
(Diagrama esquemático)






Fonte: Souza Filho et.al.(2008).

Anexo 2. Sensores presentes nos Satélites Geoeeye e Landsat 5 TM.

Satélite	Sensor	Banda	Comprimento (µm)	Resolução Espacial (m)
Landsat 5	TM	1 – Visível (Blue)	>0,450-0,520	30
		2 – Visível (Green)	>0,520-0,600	30
		3 – Visível (Red)	>0,630-0,690	30
		4 – Infravermelho Próximo	>0,760-0,900	30
		5 – Infravermelho Próximo	>1,550-1,750	30
		6 – Termal	>10,400-12,500	120
		7 - Infravermelho Médio	> 2,080-2,350	30
Geoeeye	Pancromático Multiespectral	1 – Visível (Blue)	>0,450-0,510	0,50
		2 – Visível (Green)	>0,510-0,580	0,50
		3 – Visível (Red)	>0,655-0,690	0,50
		4 – Infravermelho Próximo	>0,780-0,920	0,50

Fonte: Geoeeye, 2010 e USGS Landsat 5, 2014.

Anexo 3. Comparação das resoluções espaciais de distintas imagens orbitais.

Google Earth – Localização	Alta Resolução		Satélite GeosEye Resolução Espacial 0,50 x 0,50m
		Baixa Resolução	

Fonte: O autor, adaptado de Google Earth, GeosEye e Landsat 5 TM.

Anexo 4. Limiares do índice Kappa a serem utilizados.

Índice Kappa	Concordância
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito boa
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Congalton et. al., 1983

Anexo 5. Matrizes de correspondência entre os dados reais (pontos de campo) e os dados do mapa interpretado. Matriz de contingência apresentando as proporções marginais.

Realidade

4	1	2	2	2	2	2	3	3	1
1	3	1	3	2	5	5	3	1	1
1	1	1	1	1	1	3	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	5	5
5	3	5	5	3	5	1	1	5	3

	1 no real e no mapa interpretado
	2 no real e no mapa interpretado
	3 no real e no mapa interpretado
	4 no real e no mapa interpretado
	5 no real e no mapa interpretado
	Incompatibilidade de informação

Mapa Interpretado

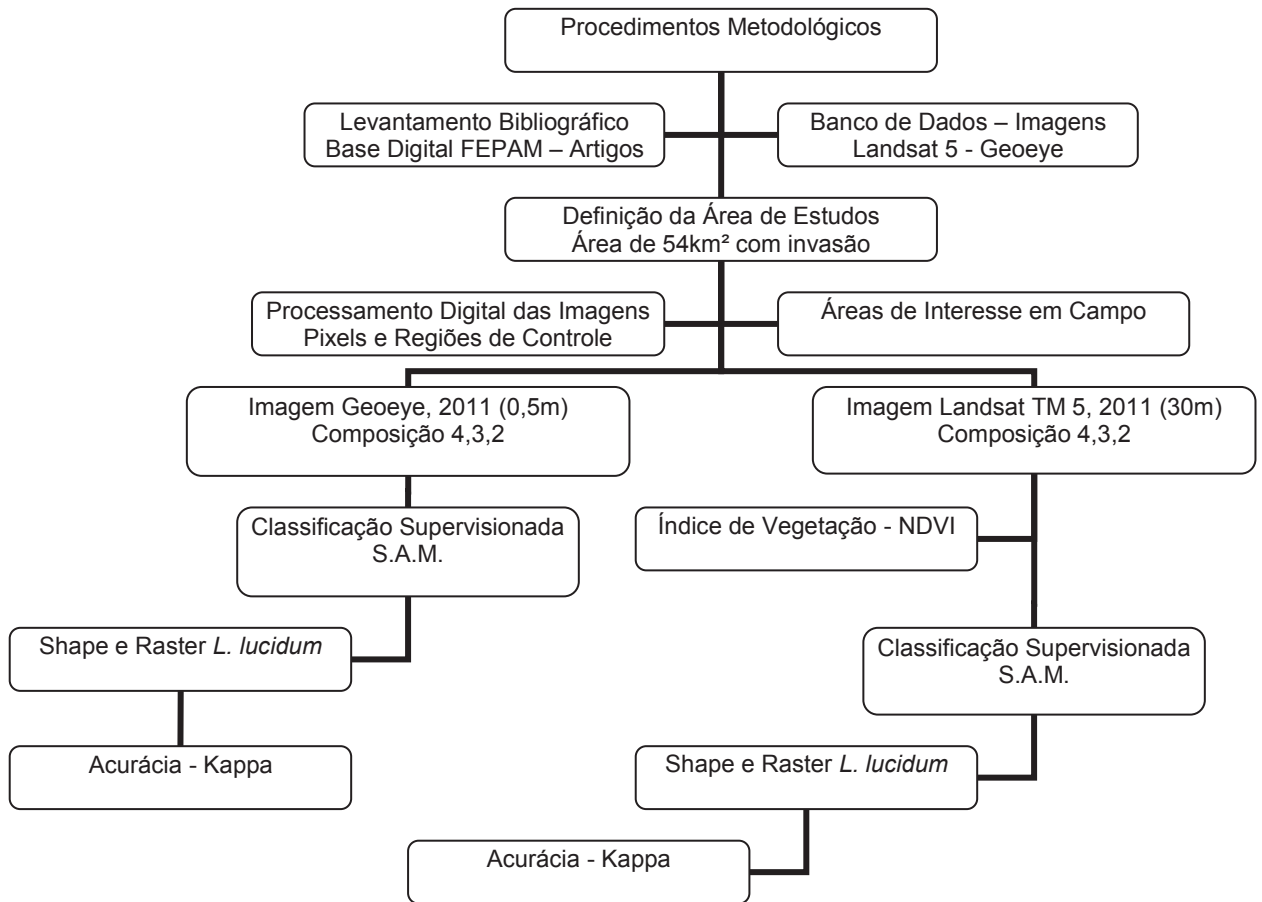
4	1	2	2	2	2	2	3	3	1
1	3	1	3	2	5	5	3	1	1
1	1	1	1	1	1	3	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	5	5

Matriz de Contingência

	1	2	3	4	5	
1	21	0	2	0	1	24
2	0	6	0	0	0	6
3	2	0	5	0	2	9
4	0	0	0	1	0	1
5	1	0	0	0	8	9
	24	6	7	1	11	49

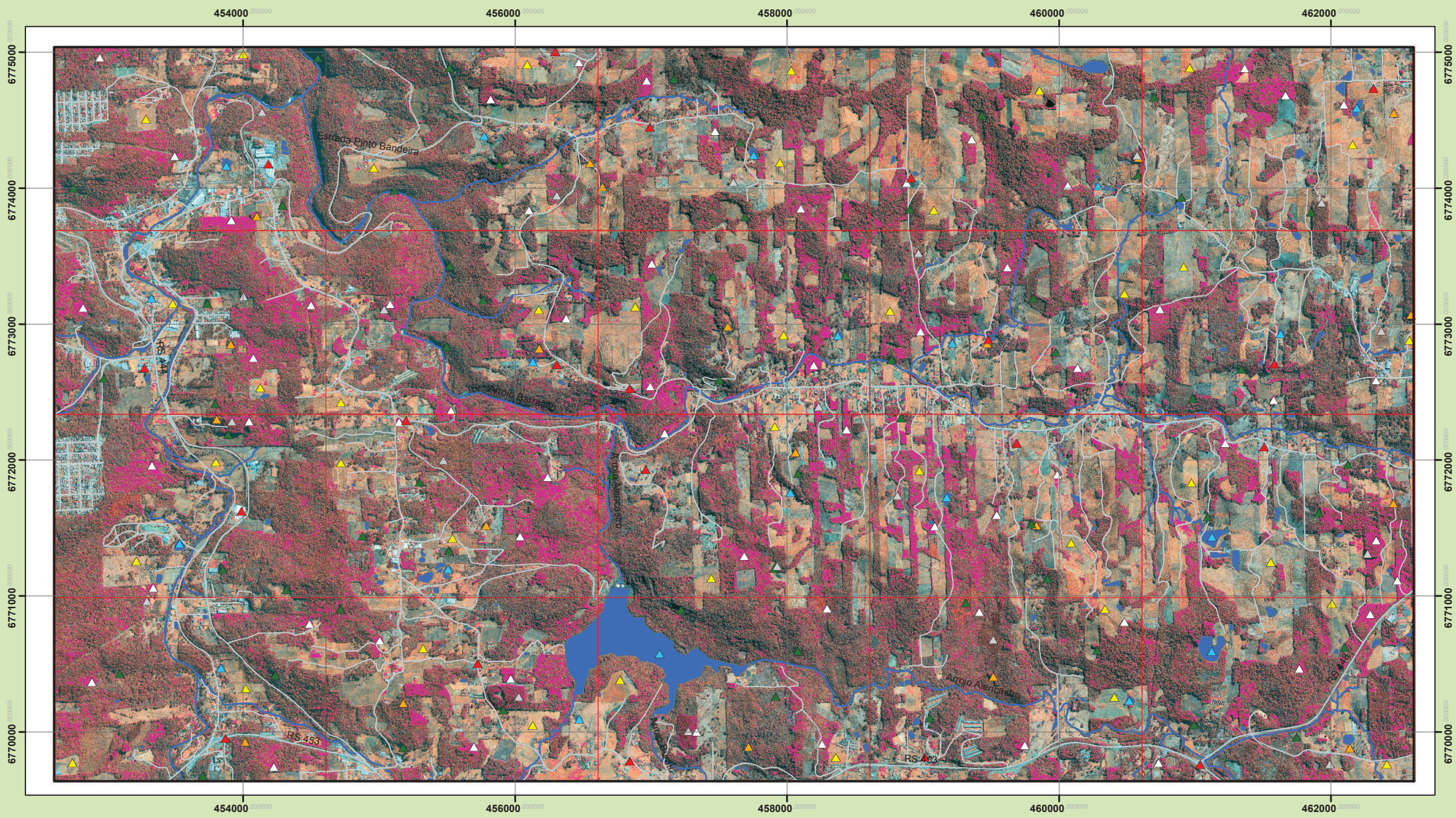
Fonte: Borges e Barros Silva, 2009.

Anexo 6. Modelo conceitual com os procedimentos metodológicos aplicados para extração dos dados da espécie invasora.



Fonte: O Autor, adaptado de Borges e Barros Silva (2009); Anderson (2004).

Apêndices



Localização:



Fontes:

Biblioteca Digital FEPAM
 Base cartográfica do RS - 1:50.000 UFRGS
 Imagem do Satélite Geoeye, 2011
 Composição IR 4,3,2 - Pixel 0,5m

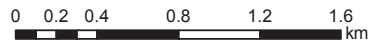
Informações Cartográficas:

Coordenadas: UTM - Zona 22S
 Projeção: Universal Transverse Mercator
 Datum: SIRGAS 2000
 Unidade: Metros



Laboratório de Ecologia Vegetal

Escala 1:26.000



Legenda:

- Área Total do Projeto
- Quadrantes do Projeto
- Estradas
- Rios e Arroios
- Barragem e Lagos
- Ligustrum lucidum

Pontos de Acurácia

- Agricultura
- Agua
- Eucalipto
- Floresta
- Ligustro
- Pinnus
- Urbanização

Classificação da ocorrência do *Ligustrum lucidum* e pontos de acurácia na imagem de Satélite Geoeye.

Elton Leonardo Boldo
 Biólogo CRBio 63582/03

Data: 07.julho.2015

Apêndice 02 – Tabela dos pontos de acurácia obtidos após a classificação da imagem Geoeye, em coordenadas UTM, Zona 22S, SIRGAS 2000.

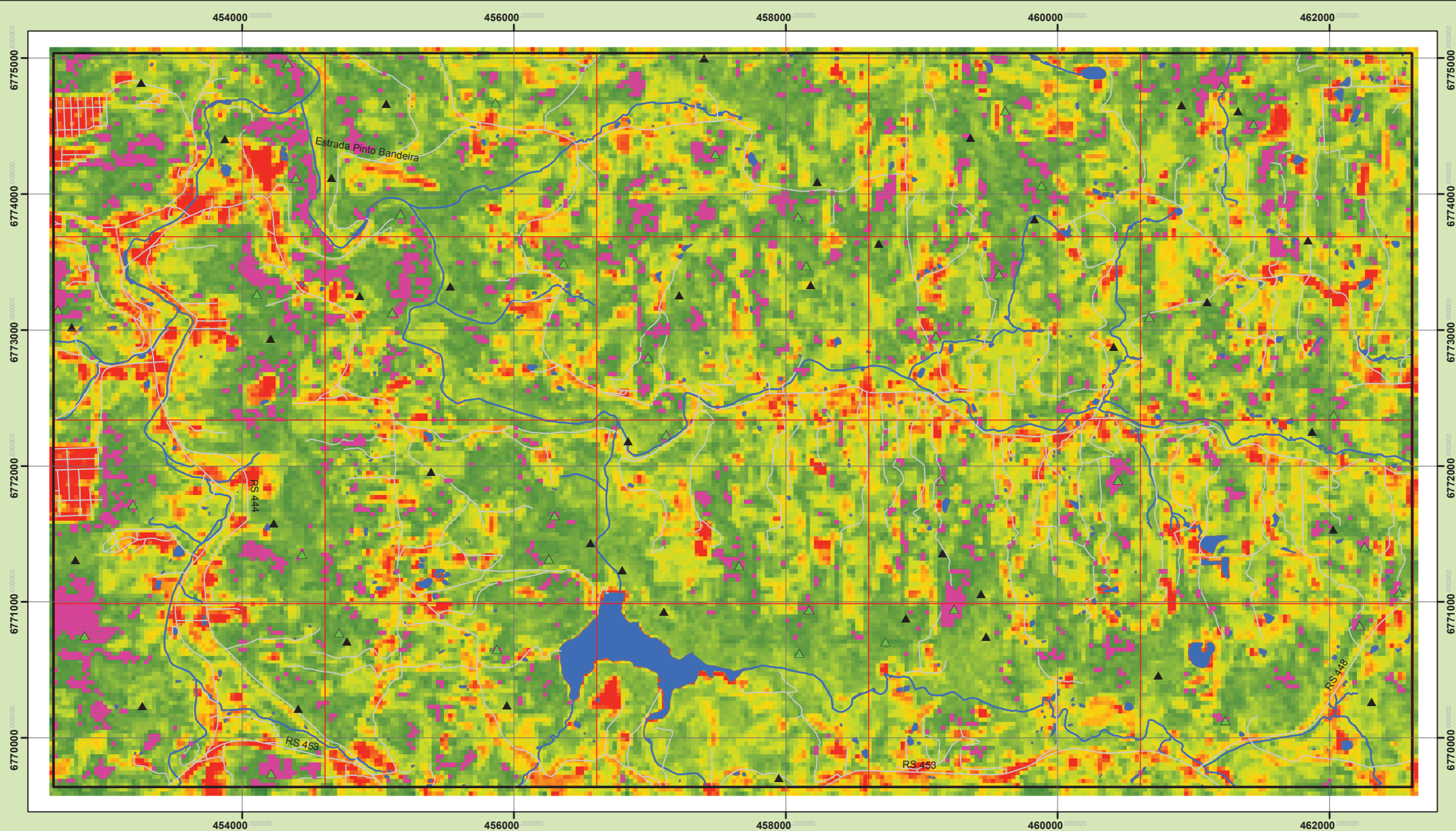
Ponto	*FID	Classificação	Coordenada X	Coordenada Y
1	120	Agricultura	453287.6811	6774508.8467
2	121	Agricultura	454004.0717	6774986.5357
3	122	Agricultura	454128.4816	6772533.0149
4	123	Agricultura	453482.6092	6773149.7701
5	124	Agricultura	453215.2605	6771257.4171
6	125	Agricultura	453800.2514	6771985.3470
7	126	Agricultura	452746.7383	6769772.7049
8	127	Agricultura	454019.9538	6770320.6376
9	128	Agricultura	456129.8916	6770050.6418
10	129	Agricultura	455325.1983	6770614.4565
11	130	Agricultura	455542.2537	6771424.1792
12	131	Agricultura	454721.6782	6771980.0529
13	132	Agricultura	462412.0587	6769765.0285
14	133	Agricultura	462007.0650	6770942.9514
15	134	Agricultura	461557.0720	6771249.4761
16	135	Agricultura	460974.7281	6771834.7317
17	136	Agricultura	462578.8209	6772880.0390
18	137	Agricultura	460916.4937	6773422.6776
19	138	Agricultura	462160.5921	6774319.4872
20	139	Agricultura	460961.4930	6774883.3020
21	140	Agricultura	459857.4220	6774716.5398
22	141	Agricultura	459081.8458	6773837.7300
23	142	Agricultura	460482.1181	6773223.8866
24	143	Agricultura	458758.9096	6773099.4767
25	144	Agricultura	458973.3181	6771921.8186
26	145	Agricultura	460090.3595	6771392.4150
27	146	Agricultura	460339.1792	6770905.6285
28	147	Agricultura	460408.0016	6770257.1091
29	148	Agricultura	456773.3816	6770381.5190
30	149	Agricultura	458361.5923	6769815.0572
31	150	Agricultura	457445.7241	6771130.3603
32	151	Agricultura	457911.5993	6772247.4017
33	152	Agricultura	456884.5564	6773128.5939
34	153	Agricultura	457975.1277	6772919.4795
35	154	Agricultura	458030.7151	6774864.7728
36	155	Agricultura	457948.6575	6774189.7833
37	156	Agricultura	456174.8909	6773104.7708
38	157	Agricultura	454721.6782	6772424.4872
39	158	Agricultura	454962.5568	6774150.0781
40	159	Agricultura	456090.1864	6774909.7721
41	160	Agua	453878.4306	6774165.6579
42	161	Agua	453326.2052	6773190.8869
43	162	Agua	453534.3093	6771384.5817
44	163	Agua	453839.2289	6770471.1059
45	164	Agua	456472.5263	6770094.5678
46	165	Agua	455507.6242	6771196.9564
47	166	Agua	456130.6398	6772724.0551
48	167	Agua	455774.7510	6774384.2574
49	168	Agua	457755.3597	6774244.7776
50	169	Agua	458373.2567	6772915.9878
51	170	Agua	458025.9242	6771760.6162
52	171	Agua	457064.3548	6770574.7844
53	172	Agua	460516.6092	6770230.7289
54	173	Agua	459176.7014	6771727.3917
55	174	Agua	459216.7859	6772861.0012
56	175	Agua	460288.1521	6774017.6957
57	176	Agua	462191.7007	6774590.5198
58	177	Agua	461124.1257	6770594.0941
59	178	Agua	461125.3990	6771434.9581
60	179	Agua	461631.5149	6772929.3939
61	200	Eucalipto	454102.1395	6773792.6231
62	201	Eucalipto	453912.1903	6772852.8863
63	202	Eucalipto	453807.5474	6772298.0804
64	203	Eucalipto	454016.6872	6769929.3768
65	204	Eucalipto	455179.9433	6770212.7329

66	205	Eucalipto	455788.1070	6771519.0011
67	206	Eucalipto	456178.8021	6772821.8914
68	207	Eucalipto	456553.1777	6774182.9355
69	208	Eucalipto	456644.5583	6774010.7245
70	209	Eucalipto	458063.5216	6772057.1536
71	210	Eucalipto	457718.0280	6769890.1677
72	211	Eucalipto	459519.7383	6770405.7491
73	212	Eucalipto	459836.0527	6771521.2778
74	213	Eucalipto	459472.6017	6772855.5107
75	214	Eucalipto	460586.7643	6774223.6077
76	215	Eucalipto	462461.9892	6774552.4282
77	216	Eucalipto	462589.8979	6773066.8217
78	217	Eucalipto	462460.8912	6771682.0427
79	218	Eucalipto	462140.1318	6769878.9472
80	219	Eucalipto	457564.8663	6772983.5520
81	3	Floresta	454552.3994	6774957.8280
82	4	Floresta	454292.2603	6773873.6808
83	5	Floresta	452752.5181	6774003.0473
84	9	Floresta	453737.9723	6773152.6176
85	10	Floresta	453796.6301	6772414.2784
86	11	Floresta	452977.2933	6772600.2360
87	15	Floresta	453890.8470	6772187.2245
88	16	Floresta	453851.4866	6771196.0176
89	17	Floresta	454321.5621	6771047.1229
90	21	Floresta	454237.1760	6770418.0206
91	22	Floresta	453704.7832	6769677.7449
92	23	Floresta	453096.1999	6770429.1598
93	27	Floresta	455179.4105	6769885.4373
94	28	Floresta	454719.0200	6770905.8329
95	29	Floresta	455912.5946	6770162.6546
96	33	Floresta	454881.5914	6771438.3744
97	34	Floresta	455514.1823	6771333.7236
98	35	Floresta	455300.1947	6771835.7353
99	37	Floresta	455500.0717	6772835.7973
100	38	Floresta	455768.8056	6773176.5414
101	39	Floresta	455520.9442	6773429.6208
102	42	Floresta	455115.6741	6773983.5162
103	43	Floresta	455519.7455	6774887.1668
104	44	Floresta	455885.4860	6774173.8929
105	49	Floresta	457169.7356	6774804.4036
106	51	Floresta	457659.4679	6774338.1434
107	53	Floresta	457691.1297	6773788.9114
108	56	Floresta	457505.6119	6772589.6248
109	57	Floresta	458431.8142	6773359.8813
110	58	Floresta	457454.3312	6773348.2066
111	61	Floresta	458081.8557	6771900.1117
112	62	Floresta	456711.1349	6771892.7033
113	64	Floresta	457907.0539	6771202.7348
114	65	Floresta	457221.4841	6770898.1987
115	66	Floresta	458081.3045	6770594.6439
116	67	Floresta	457917.3727	6770262.5426
117	71	Floresta	459315.5405	6770949.2767
118	74	Floresta	460282.4203	6770601.0116
119	76	Floresta	459049.7241	6770102.8928
120	80	Floresta	459916.5763	6771126.9242
121	81	Floresta	459797.7605	6771529.0300
122	82	Floresta	458839.5965	6772310.0992
123	84	Floresta	458768.9526	6772735.6823
124	86	Floresta	459977.2410	6772795.0152
125	87	Floresta	459814.9188	6773190.1271
126	90	Floresta	458906.1474	6773846.9308
127	91	Floresta	459435.3151	6774535.2016
128	94	Floresta	460581.6952	6774096.1114
129	98	Floresta	460699.5436	6774667.5462
130	99	Floresta	460902.7423	6773929.7629
131	100	Floresta	461854.5386	6773824.3262
132	101	Floresta	460985.0394	6772451.6997
133	102	Floresta	461341.6985	6772666.5418
134	103	Floresta	462135.2516	6772972.1890
135	110	Floresta	461910.5185	6771613.3933

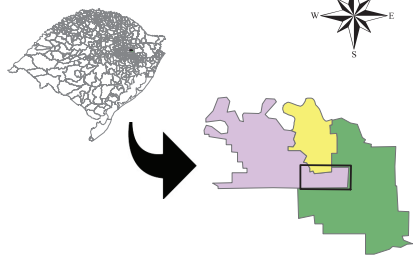
136	111	Floresta	461095.0049	6771581.1934
137	112	Floresta	462125.0133	6771966.6259
138	113	Floresta	460992.8887	6770052.0537
139	114	Floresta	461748.2756	6769962.6243
140	115	Floresta	462099.9075	6770622.8934
141	0	Ligustro	452947.9041	6774961.1535
142	1	Ligustro	453497.2327	6774234.8334
143	2	Ligustro	453913.9915	6773762.7411
144	6	Ligustro	452825.0907	6773121.5563
145	7	Ligustro	454501.7064	6773138.5473
146	8	Ligustro	454075.6334	6772751.4546
147	12	Ligustro	454045.3542	6772286.1713
148	13	Ligustro	453331.1456	6771961.5290
149	14	Ligustro	453340.5675	6771060.0488
150	18	Ligustro	452888.1512	6770366.1728
151	19	Ligustro	454227.6558	6769744.5984
152	20	Ligustro	454489.1503	6770794.5269
153	24	Ligustro	455698.5170	6769890.8688
154	25	Ligustro	455006.4873	6770670.2817
155	26	Ligustro	455968.0482	6770392.3137
156	30	Ligustro	456242.7030	6771872.9807
157	31	Ligustro	456037.9910	6771439.0612
158	32	Ligustro	455148.5784	6772278.3786
159	36	Ligustro	455531.3805	6772363.8171
160	40	Ligustro	455083.9843	6773148.3888
161	41	Ligustro	456378.2399	6773042.1679
162	45	Ligustro	456471.2602	6774926.4378
163	46	Ligustro	455820.6044	6774656.0662
164	47	Ligustro	456104.0839	6773836.0943
165	48	Ligustro	456967.7478	6774793.0469
166	50	Ligustro	457470.3433	6774420.2703
167	52	Ligustro	458103.3514	6773849.3247
168	54	Ligustro	456994.7887	6772542.1320
169	55	Ligustro	458199.3508	6772697.5750
170	59	Ligustro	457103.0167	6772195.8227
171	60	Ligustro	458437.7210	6772225.5498
172	63	Ligustro	457687.9785	6771294.0162
173	68	Ligustro	457334.5827	6770002.4787
174	69	Ligustro	458258.6487	6769913.6962
175	70	Ligustro	458296.1204	6770908.7796
176	72	Ligustro	459750.7479	6769901.2931
177	73	Ligustro	460481.2551	6770810.8795
178	75	Ligustro	459415.3962	6770883.6708
179	77	Ligustro	459087.5634	6771513.0541
180	78	Ligustro	459542.6476	6771595.0751
181	79	Ligustro	459988.2950	6771892.8642
182	83	Ligustro	458983.2655	6772946.2911
183	85	Ligustro	460137.0496	6772679.6567
184	88	Ligustro	459620.7583	6773417.4267
185	89	Ligustro	458881.5411	6774038.2910
186	92	Ligustro	459357.9243	6774360.5762
187	93	Ligustro	460066.1536	6774019.0514
188	95	Ligustro	461366.1957	6774882.1766
189	96	Ligustro	461666.4984	6774685.0616
190	97	Ligustro	462096.7118	6774615.9523
191	104	Ligustro	460742.5152	6773109.7065
192	105	Ligustro	461579.6586	6772443.4182
193	106	Ligustro	462330.6578	6772587.5282
194	107	Ligustro	462489.9571	6771116.5048
195	108	Ligustro	462334.3818	6771410.1929
196	109	Ligustro	461223.1296	6772126.1568
197	116	Ligustro	462289.6142	6770866.9389
198	117	Ligustro	461768.9131	6770466.8881
199	118	Ligustro	460733.3319	6769771.9851
200	119	Ligustro	457006.2489	6773445.7227
201	220	Pinnus	453918.4016	6772284.9599
202	221	Pinnus	454006.3149	6773203.5002
203	222	Pinnus	454141.1896	6774562.1260
204	223	Pinnus	453294.1777	6770963.0693
205	224	Pinnus	456028.4866	6770258.9691

206	225	Pinnus	455474.4149	6772000.3278
207	226	Pinnus	455039.1689	6773107.7799
208	227	Pinnus	456308.2829	6773946.8702
209	228	Pinnus	457606.9310	6774042.9406
210	229	Pinnus	458234.3961	6772393.8996
211	230	Pinnus	457276.5011	6770006.8703
212	231	Pinnus	459517.1240	6770680.1370
213	232	Pinnus	458814.6031	6771737.7515
214	233	Pinnus	458967.9681	6773524.5348
215	234	Pinnus	460575.4076	6774241.7335
216	235	Pinnus	461931.3779	6773895.0845
217	236	Pinnus	462372.2430	6772950.3548
218	237	Pinnus	462269.2041	6771310.6211
219	238	Pinnus	461991.0360	6769764.2927
220	239	Pinnus	457929.1192	6771220.8396
221	180	Urbanização	454186.6793	6774176.4014
222	181	Urbanização	453276.1500	6772678.4625
223	182	Urbanização	453988.6096	6771623.3719
224	183	Urbanização	453871.8901	6769952.1011
225	184	Urbanização	455725.9284	6770502.0386
226	185	Urbanização	455201.1087	6772289.9023
227	186	Urbanização	456309.1281	6772703.7997
228	187	Urbanização	456296.4831	6775001.2916
229	188	Urbanização	456993.9648	6774447.9641
230	189	Urbanização	456843.9987	6772525.7623
231	190	Urbanização	456961.4739	6771928.8611
232	191	Urbanização	456844.2632	6769783.1918
233	192	Urbanização	459014.5124	6769814.5715
234	193	Urbanização	459690.6785	6772123.1098
235	194	Urbanização	459480.9825	6772888.7625
236	195	Urbanização	458913.1415	6774072.5108
237	196	Urbanização	462313.0177	6774733.1458
238	197	Urbanização	461585.5994	6772707.4917
239	198	Urbanização	461509.3800	6772098.6181
240	199	Urbanização	461039.6940	6769759.9514

*FID – Número de controle gerado automático no ARCGIS.



Localização:



Fontes:

Biblioteca Digital FEPAM
 Base cartográfica do RS - 1:50.000 UFRGS
 Imagem do Satélite Landsat 5 TM, 2011
 Índice de Vegetação - NDVI - Pixel 30m

Informações Cartográficas:

Coordenadas: UTM - Zona 22S
 Projeção: Universal Transverse Mercator
 Datum: SIRGAS 2000
 Unidade: Metros



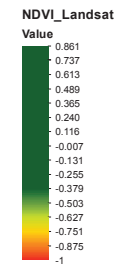
Laboratório de Ecologia Vegetal

Escala 1:26.000



Legenda:

- Área Total do Projeto
- Quadrantes do Projeto
- Ligustrum lucidum
- Estradas
- Rios e Arroios
- Barragens e Lagos
- Pontos de Acurácia**
- Floresta
- Ligustro



Classificação da ocorrência do *Ligustrum lucidum* e pontos de acurácia na imagem de Satélite Landsat 5 TM a partir do NDVI.

Elton Leonardo Boldo
 Biólogo CRBio 63582/03

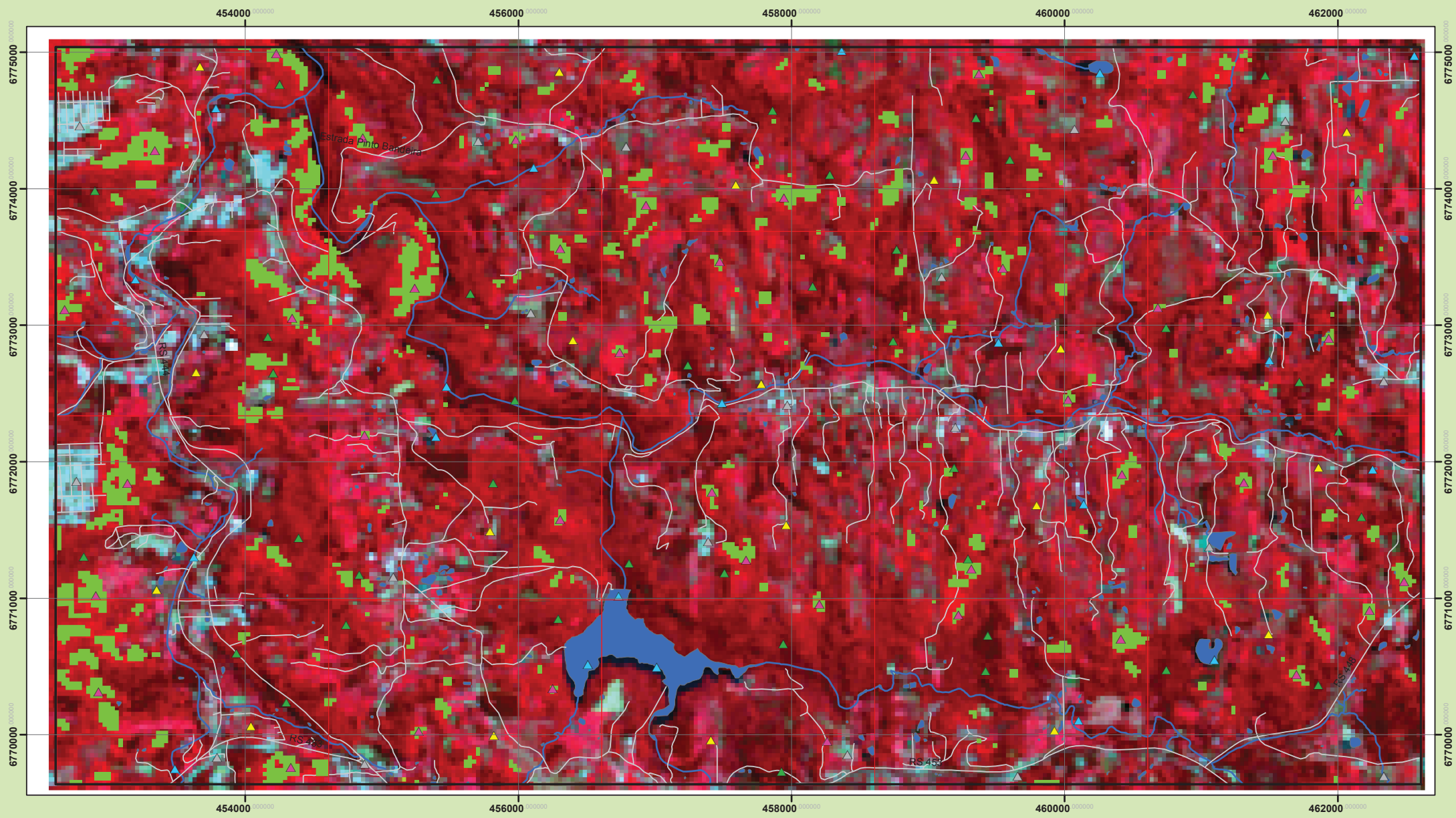
Data: 07.julho.2015

Apêndice 04 – Tabela dos pontos de acurácia obtidos após a geração do NDVI, em coordenadas UTM, Zona 22S, SIRGAS 2000.

Ponto	*FID	Classificação	Coordenada X	Coordenada Y	NDVI
1	0	Ligustro	454336.1816	6774959.3747	0.7266
2	1	Ligustro	454394.5518	6774119.5187	0.7313
3	2	Ligustro	454108.4555	6773263.9183	0.7532
4	3	Ligustro	452644.4608	6773148.4187	0.7480
5	4	Ligustro	453195.2587	6771716.2147	0.7246
6	5	Ligustro	454440.2570	6771353.9040	0.7258
7	6	Ligustro	452840.9601	6770752.9271	0.7460
8	7	Ligustro	454213.4551	6769735.4306	0.7163
9	8	Ligustro	454712.7618	6770771.2685	0.7094
10	9	Ligustro	455875.2359	6770651.3139	0.7120
11	10	Ligustro	456298.9482	6771634.4360	0.7073
12	11	Ligustro	456257.5747	6771314.9496	0.7384
13	12	Ligustro	455105.4519	6773127.9188	0.7622
14	13	Ligustro	456364.9473	6773490.9175	0.7322
15	14	Ligustro	455166.8851	6773853.7741	0.7481
16	15	Ligustro	455862.8994	6774672.7071	0.7293
17	16	Ligustro	457482.9432	6774292.9147	0.7687
18	17	Ligustro	458091.9410	6773833.4163	0.7391
19	18	Ligustro	458150.9408	6773470.9176	0.7404
20	19	Ligustro	456986.8239	6772797.6742	0.7567
21	20	Ligustro	457656.4426	6771264.9253	0.7424
22	21	Ligustro	457120.4446	6772231.9219	0.7251
23	22	Ligustro	458099.8501	6770620.2285	0.7031
24	23	Ligustro	458172.1927	6770943.1351	0.6752
25	24	Ligustro	459239.5059	6770945.6766	0.7142
26	25	Ligustro	458734.1601	6770709.3279	0.7834
27	26	Ligustro	460444.4325	6771896.9231	0.7096
28	27	Ligustro	459147.6776	6771892.4670	0.7553
29	28	Ligustro	459569.4357	6773412.9178	0.7622
30	29	Ligustro	459105.4374	6772954.4194	0.7500
31	30	Ligustro	459613.4836	6774611.5488	0.7398
32	31	Ligustro	459882.8137	6774064.1739	0.7746
33	32	Ligustro	461209.4297	6774797.4129	0.8000
34	33	Ligustro	461440.4289	6774512.9139	0.7551
35	34	Ligustro	460675.9313	6773094.8067	0.7142
36	35	Ligustro	462030.9268	6772375.9214	0.7553
37	36	Ligustro	462259.9259	6771403.9248	0.7410
38	37	Ligustro	462513.9250	6771069.9260	0.7440
39	38	Ligustro	461235.4296	6770129.4293	0.7500
40	39	Ligustro	462223.4261	6770823.4268	0.7424
41	40	Floresta	453257.9447	6774823.5737	0.6027
42	41	Floresta	453873.8960	6774406.0604	0.6310
43	42	Floresta	454209.7719	6772938.4225	0.5126
44	43	Floresta	452746.4413	6773023.9162	0.6699
45	44	Floresta	454233.9318	6771578.1858	0.6637
46	45	Floresta	452774.0903	6771310.2121	0.6800
47	46	Floresta	453266.7951	6770236.5638	0.5955
48	47	Floresta	462312.1809	6770264.3729	0.6964
49	48	Floresta	460740.7115	6770460.7117	0.5913
50	49	Floresta	462028.5735	6771533.5993	0.6538
51	50	Floresta	461872.6674	6772251.1507	0.6692
52	51	Floresta	461099.5534	6773205.7693	0.5662
53	52	Floresta	461843.9160	6773662.1765	0.6036
54	53	Floresta	454413.0473	6770215.5690	0.6483
55	54	Floresta	455947.1046	6770239.4557	0.7000
56	55	Floresta	454771.2939	6770708.6951	0.6379
57	56	Floresta	455388.8326	6771956.6049	0.6279
58	57	Floresta	456563.5850	6771432.7289	0.7187

59	58	Floresta	455531.7079	6773321.5931	0.6106
60	59	Floresta	454864.4274	6773250.6846	0.5818
61	60	Floresta	454658.5811	6774120.1072	0.5750
62	61	Floresta	455060.7486	6774667.7958	0.5555
63	62	Floresta	457400.9929	6775000.3777	0.6190
64	63	Floresta	458230.4633	6774091.2675	0.6153
65	64	Floresta	458182.8382	6773332.1764	0.6851
66	65	Floresta	457217.1071	6773258.0930	0.5764
67	66	Floresta	456838.7522	6772184.1471	0.6638
68	67	Floresta	456797.4771	6771236.1431	0.6603
69	68	Floresta	457103.3360	6770927.9029	0.5555
70	69	Floresta	457950.0044	6769702.6151	0.6814
71	70	Floresta	459474.0074	6770742.4296	0.6600
72	71	Floresta	458883.4382	6770881.4266	0.6633
73	72	Floresta	459152.8908	6771359.8801	0.6936
74	73	Floresta	459437.7815	6771056.9845	0.6250
75	74	Floresta	458686.3633	6773634.2959	0.5750
76	75	Floresta	460414.0960	6772877.5861	0.6528
77	76	Floresta	459358.4063	6774416.9350	0.7007
78	77	Floresta	459831.0193	6773818.4463	0.7068
79	78	Floresta	460913.4737	6774658.5111	0.6326
80	79	Floresta	461327.5475	6774610.8860	0.6091

*FID – Número de controle gerado automático no ARCGIS.



Localização:



Fontes:

Biblioteca Digital FEPAM
 Base cartográfica do RS - 1:50.000 UFRGS
 Imagem do Satélite Landsat 5 TM, 2011
 Composição IR 4,3,2 - Pixel 30m

Informações Cartográficas:

Coordenadas: UTM - Zona 22S
 Projeção: Universal Transverse Mercator
 Datum: SIRGAS 2000
 Unidade: Metros



Laboratório de Ecologia Vegetal

Escala 1:26.000



Legenda:

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| Área Total do Projeto | Pontos de Acurácia |
| Quadrantes do Projeto | Agricultura |
| Estradas | Água |
| Rios e Arroios | Ligustro |
| Barragens e Lagos | Mato |
| Ligustrum lucidum | Urbanização |

Classificação da ocorrência do *Ligustrum lucidum* e pontos de acurácia na imagem de Satélite Landsat 5 TM.

Elton Leonardo Boldo
 Biólogo CRBio 63582/03
 Data: 07.julho.2015

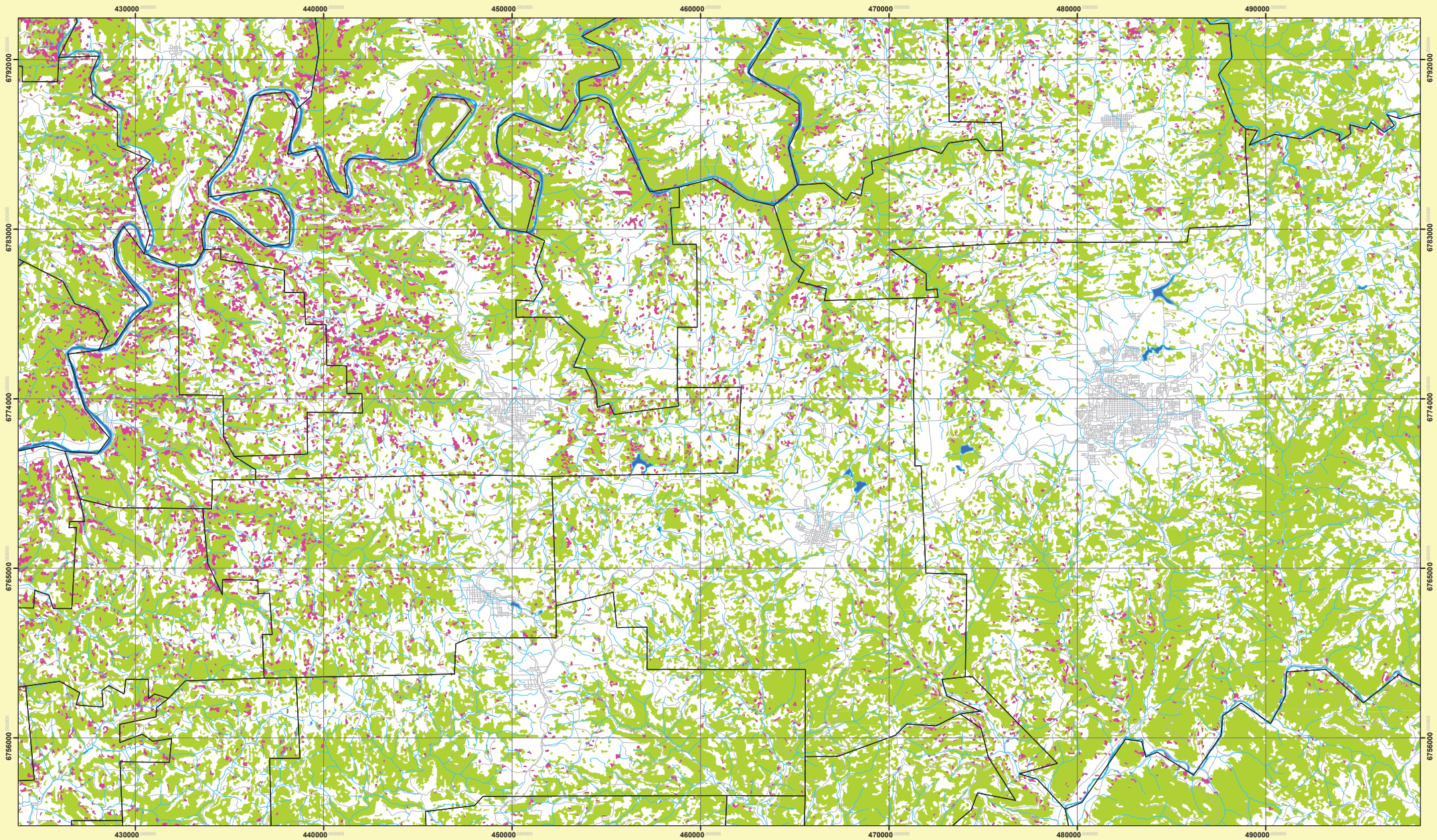
Apêndice 06 – Tabela dos pontos de acurácia obtidos após a classificação da imagem Landsat 5 TM, em coordenadas UTM, Zona 22S, SIRGAS 2000.

Ponto	*FID	Classificação	Coordenada X	Coordenada Y
1	100	Agricultura	453667.7502	6774896.8850
2	101	Agricultura	453639.9689	6772655.7274
3	102	Agricultura	453350.2496	6771061.8742
4	103	Agricultura	454040.8134	6770063.7316
5	104	Agricultura	455820.4045	6769996.2627
6	105	Agricultura	455792.6232	6771490.5001
7	106	Agricultura	456399.8432	6772890.2810
8	107	Agricultura	456300.6242	6774856.8006
9	108	Agricultura	457592.0580	6774027.3302
10	109	Agricultura	457778.5897	6772568.4148
11	110	Agricultura	457961.1525	6771537.7283
12	111	Agricultura	457409.4952	6769959.7502
13	112	Agricultura	459927.2752	6770031.1878
14	113	Agricultura	459796.3062	6771680.6036
15	114	Agricultura	459970.9316	6772830.3528
16	115	Agricultura	459046.2110	6774066.6209
17	116	Agricultura	462067.2295	6774415.8716
18	117	Agricultura	461487.7908	6773076.0189
19	118	Agricultura	461860.8541	6771956.8292
20	119	Agricultura	461495.7283	6770738.0236
21	120	Agua	453783.8766	6774590.9505
22	121	Agua	453194.8155	6773337.8407
23	122	Agua	453623.2774	6771301.5020
24	123	Agua	453485.9249	6769750.8153
25	124	Agua	456507.5029	6770513.9777
26	125	Agua	455396.6946	6772183.1054
27	126	Agua	455473.9550	6772551.0886
28	127	Agua	456111.4340	6774155.5132
29	128	Agua	458367.2929	6775010.5198
30	129	Agua	457491.8725	6772432.2918
31	130	Agua	456733.9867	6771016.4225
32	131	Agua	457013.4960	6770494.1617
33	132	Agua	460101.4987	6770103.9461
34	133	Agua	460139.0015	6771686.6968
35	134	Agua	459517.3507	6772874.2823
36	135	Agua	460258.3709	6774847.8333
37	136	Agua	462561.8314	6774973.6829
38	137	Agua	461501.1704	6772743.4697
39	138	Agua	462255.9409	6771945.0758
40	139	Agua	461099.2184	6770550.3529
41	0	Ligustro	453338.0256	6774278.2689
42	1	Ligustro	455241.7065	6773272.8502
43	2	Ligustro	454341.7114	6773051.4694
44	3	Ligustro	454874.9404	6772193.4539
45	4	Ligustro	452905.3781	6771018.3488
46	5	Ligustro	452924.5543	6770313.5997
47	6	Ligustro	455269.7971	6770025.4243
48	7	Ligustro	456305.8721	6771575.9191
49	8	Ligustro	456935.7312	6773879.1089
50	9	Ligustro	456743.1141	6772800.7973

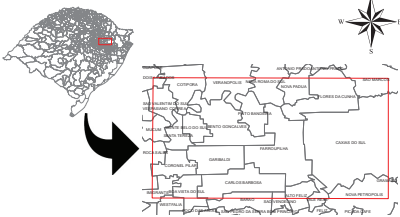
51	10	Ligustro	457417.1680	6771775.6036
52	11	Ligustro	459223.0190	6770879.5573
53	12	Ligustro	460421.8484	6771907.4656
54	13	Ligustro	457667.9327	6771280.6844
55	14	Ligustro	459275.8720	6774245.9191
56	15	Ligustro	459373.5275	6774843.3675
57	16	Ligustro	462151.9226	6773921.6897
58	17	Ligustro	460025.8720	6772456.0345
59	18	Ligustro	461525.8720	6774245.9191
60	19	Ligustro	460684.3187	6773129.6880
61	20	Ligustro	461313.0430	6771846.9553
62	41	Ligustro	454227.7060	6774989.6378
63	43	Ligustro	452676.3726	6773112.9501
64	45	Ligustro	453138.0715	6771840.8309
65	46	Ligustro	454333.9887	6769761.0432
66	49	Ligustro	458262.3365	6769954.0509
67	52	Ligustro	456307.2000	6773560.5598
68	55	Ligustro	454859.9171	6774370.7156
69	56	Ligustro	457945.6705	6773932.7588
70	58	Ligustro	457475.8720	6773465.9191
71	61	Ligustro	458203.2322	6770956.7561
72	63	Ligustro	460412.4255	6770699.9289
73	65	Ligustro	459318.6358	6771212.8248
74	67	Ligustro	459549.4853	6773417.9328
75	72	Ligustro	461935.3702	6772903.9125
76	74	Ligustro	462485.7954	6771121.4994
77	75	Ligustro	462234.1295	6770910.6149
78	76	Ligustro	461697.8842	6770441.7061
79	78	Ligustro	456251.7697	6770335.9911
80	79	Ligustro	455980.7941	6774361.2660
81	21	Floresta	452898.7470	6773985.7983
82	22	Floresta	454164.7807	6772914.2337
83	23	Floresta	454390.9999	6771442.6182
84	24	Floresta	455395.6249	6773967.2775
85	25	Floresta	455649.0962	6773231.7343
86	26	Floresta	455815.7840	6771842.6690
87	27	Floresta	454299.7185	6770236.9096
88	28	Floresta	456292.0350	6770848.0983
89	29	Floresta	457940.6570	6770665.5354
90	30	Floresta	457508.0624	6771185.4427
91	31	Floresta	458154.9700	6773284.9157
92	32	Floresta	457861.2819	6774573.9683
93	33	Floresta	459598.2749	6774212.0175
94	34	Floresta	458745.2566	6772883.2774
95	35	Floresta	459294.0035	6771287.8367
96	36	Floresta	459422.5913	6770467.0975
97	37	Floresta	461857.0274	6770363.9098
98	38	Floresta	462174.5280	6771594.2248
99	39	Floresta	461720.5021	6772584.8268
100	40	Floresta	461469.6766	6774828.7625
101	42	Floresta	454250.9112	6774762.5776
102	44	Floresta	454204.0798	6772649.0023
103	47	Floresta	452816.6682	6771305.0486
104	48	Floresta	453934.5350	6770598.2789

105	50	Floresta	454738.3408	6770803.7283
106	51	Floresta	454833.5910	6771170.8384
107	53	Floresta	455973.8151	6772448.5139
108	54	Floresta	455402.3140	6774800.6644
109	57	Floresta	458282.7503	6774103.1508
110	59	Floresta	457241.4012	6772705.4283
111	60	Floresta	456810.4602	6771256.6663
112	62	Floresta	457927.5862	6769729.5676
113	64	Floresta	459438.0954	6770726.3873
114	66	Floresta	459192.0325	6771955.5117
115	68	Floresta	458772.0056	6773555.2518
116	69	Floresta	459350.7828	6774517.0142
117	70	Floresta	460938.2859	6774692.3010
118	71	Floresta	460743.1553	6772980.1127
119	73	Floresta	462007.8662	6772220.9224
120	77	Floresta	460746.6523	6770473.7208
121	80	Urbanização	452788.2734	6774461.3853
122	81	Urbanização	453697.1190	6772935.3979
123	82	Urbanização	452764.4609	6771857.4832
124	83	Urbanização	453792.3692	6769834.6073
125	84	Urbanização	454873.4589	6769786.9822
126	85	Urbanização	455083.8030	6771154.6162
127	86	Urbanização	456091.8675	6773089.7826
128	87	Urbanização	455706.8980	6774350.2601
129	88	Urbanização	456788.7814	6774309.7787
130	89	Urbanização	457969.8838	6772416.8082
131	90	Urbanização	457390.4451	6771414.2999
132	91	Urbanização	458410.4159	6769852.1968
133	92	Urbanização	459656.6059	6769697.4153
134	93	Urbanização	459200.1988	6772251.7079
135	94	Urbanização	459100.9798	6773353.0382
136	95	Urbanização	460073.3255	6774438.8904
137	96	Urbanização	461617.1723	6774498.4217
138	97	Urbanização	462339.4863	6772591.0367
139	98	Urbanização	461061.5462	6771378.1843
140	99	Urbanização	462339.4863	6769697.8121

*FID – Número de controle gerado automático no ARCGIS.



Localização:



Fontes:

Biblioteca Digital FEPAM
 Base cartográfica do RS - 1:50.000 UFRGS
 Imagem do Satélite Landsat 5 TM, 2011
 Composição IR 4,3,2 - Pixel 30m

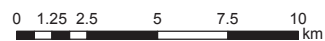
Informações Cartográficas:

Coordenadas: UTM - Zona 22S
 Projeção: Universal Transverse Mercator
 Datum: SIRGAS 2000
 Unidade: Metros



Laboratório de Ecologia Vegetal

Escala 1:130.000



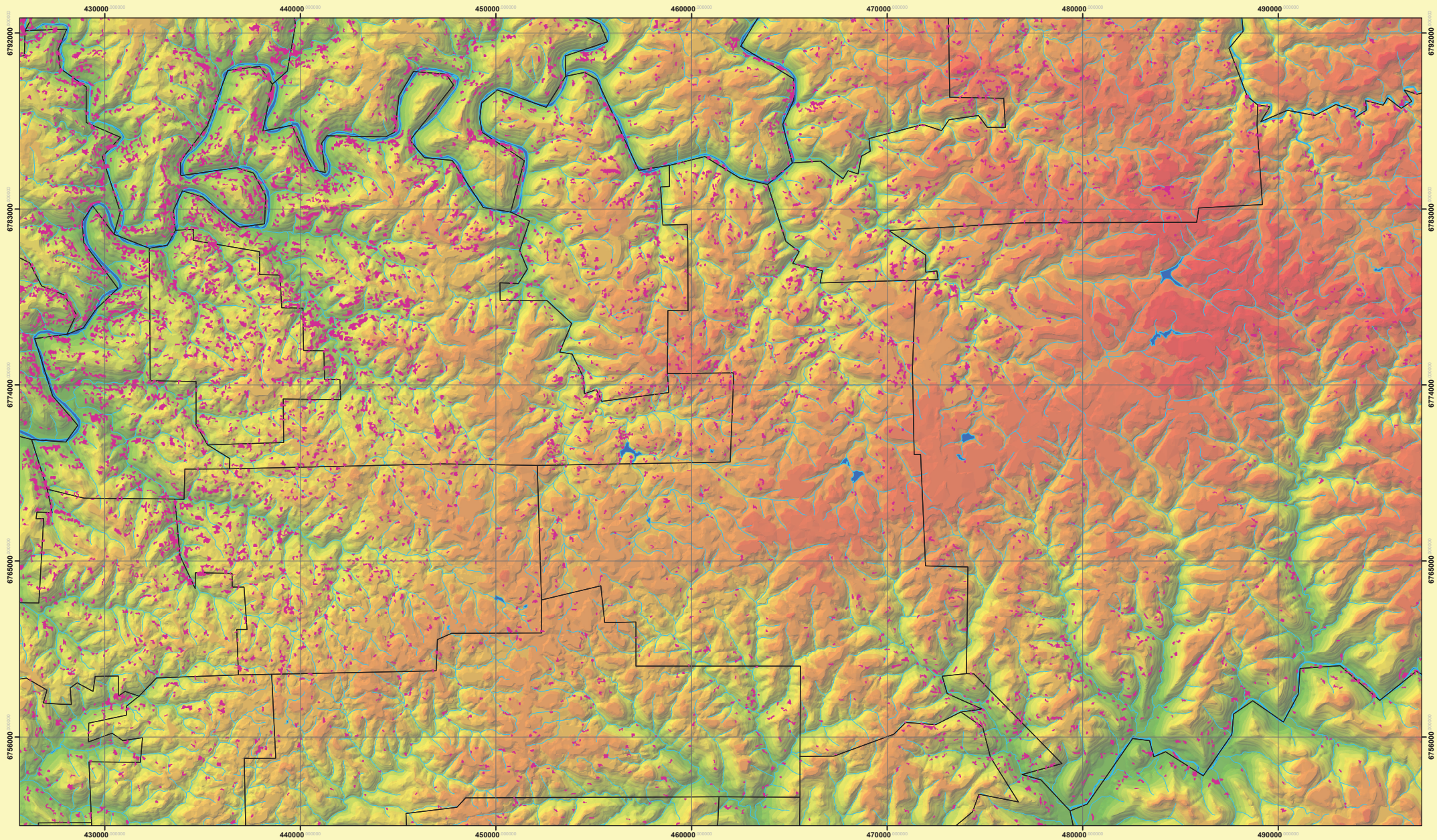
Legenda:

- Divisas Municipais
- Barragens e Lagos
- Rios e Arroios
- Sistema Viário
- Ligustrum lucidum
- Floresta

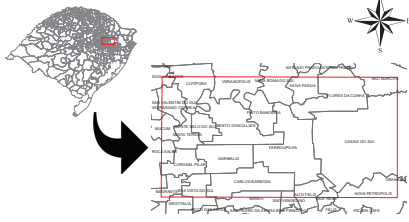
Ocorrência potencial do Ligustrum lucidum em uma região serrana no sul do Bioma Mata Atlântica.

Elton Leonardo Boldo
 Biólogo CRBio 63582/03

Data: 07.julho.2015



Localização:



Fontes:

Biblioteca Digital FEPAM
 Base cartográfica do RS - 1:50.000 UFRGS
 Imagem do Satélite Landsat 5 TM, 2011
 Composição IR 4,3,2 - Pixel 30m

Informações Cartográficas:

Coordenadas: UTM - Zona 22S
 Projeção: Universal Transverse Mercator
 Datum: SIRGAS 2000
 Unidade: Metros



Laboratório de Ecologia Vegetal

Escala 1:130.000



Legenda:

- Divisas Municipais
- Lagos e Barragens
- Rios e Arroios
- Ligustrum lucidum

MDT

Elevation

- 814 - 900
- 728 - 814
- 642 - 728
- 556 - 642
- 470 - 556
- 384 - 470
- 298 - 384
- 212 - 298
- 126 - 212
- 40 - 126

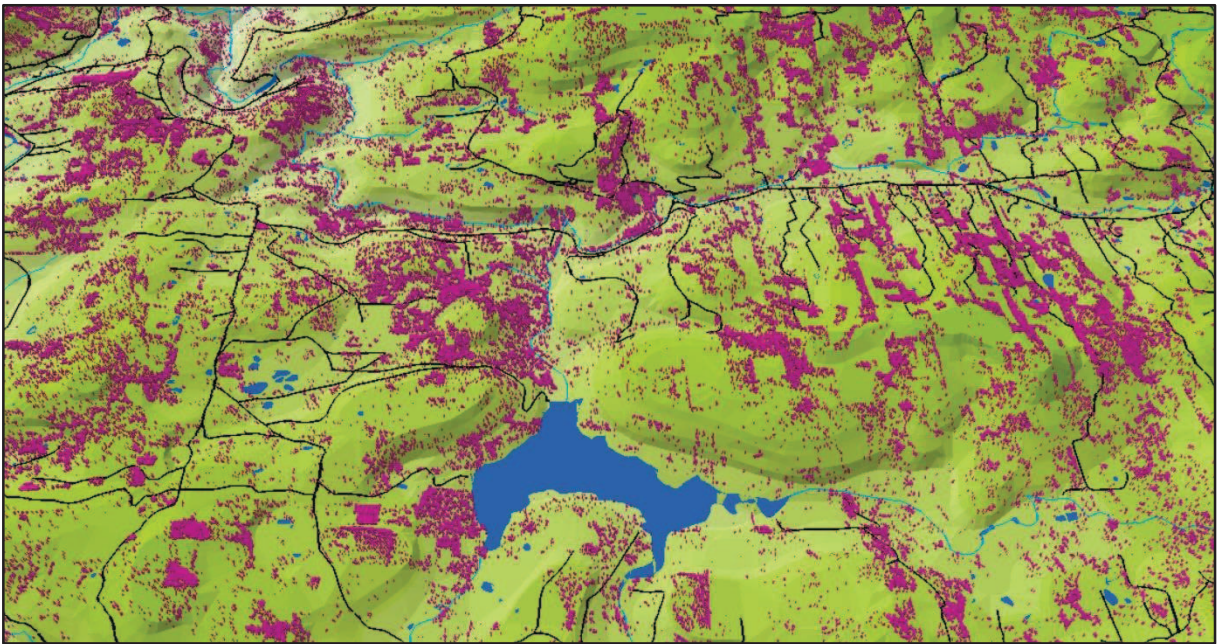
Ocorrência potencial do *Ligustrum lucidum* relacionada com altitude em uma região serrana no sul do Bioma Mata Atlântica.

Elton Leonardo Boldo
 Biólogo CRBio 63582/03

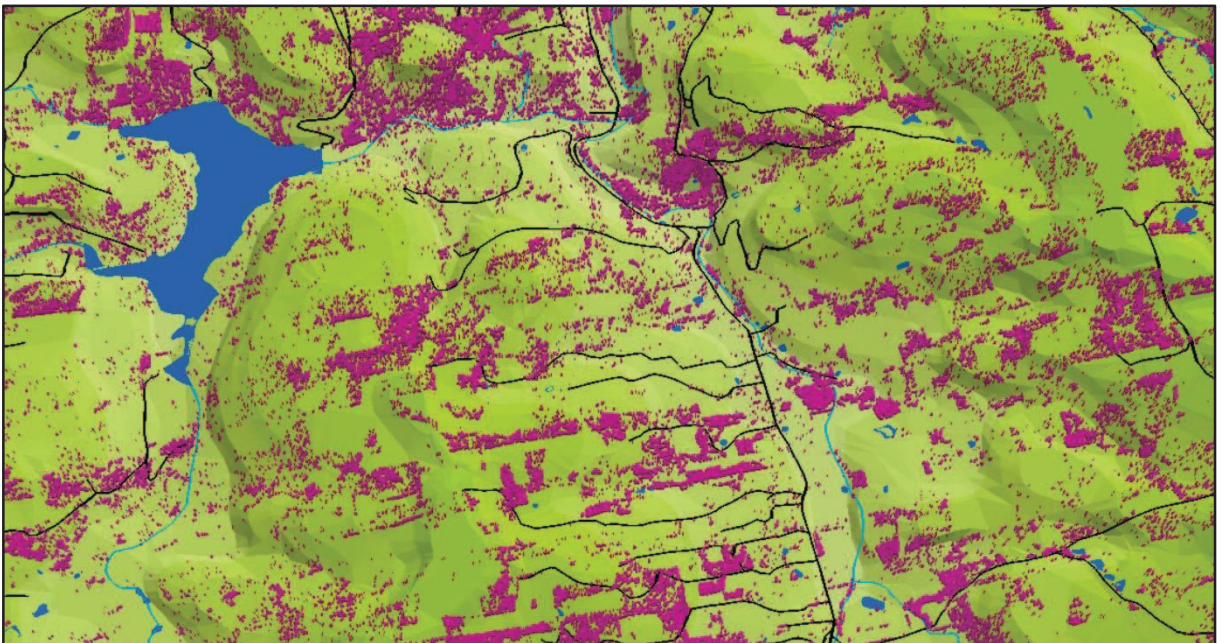
Data: 07.julho.2015

Apêndice 08

Apêndice 09 – Modelagem Digital de Terreno com a ocorrência da espécie *Ligustrum lucidum* obtida pela imagem do Satélite Geoeye refletida na superfície da área de estudo, cruzando informações dos recursos hídricos e das estradas.



A. Sentido Sul-Norte, com ênfase na Barragem São Miguel e do vale dos Arroios Alencastro e Barracão.



B. Sentido Leste-Oeste, com ênfase na área central do Distrito de São Pedro, onde concentra-se a maior parte das áreas produtivas e a Barragem São Miguel no canto superior esquerdo.