

Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das lavouras de cana de açúcar das províncias de Tucumán, Salta e Jujuy na Argentina.

Leandra Maria Macedo de Souza¹
André Luiz Farias de Souza¹
Gisele Martins Amaral¹
Társis Rodrigo de Oliveira Piffer¹
Allana de Oliveira Souza¹
Erivanda Carvalho dos Santos¹
Clóvis Campos de Oliveira¹

¹Companhia Nacional de Abastecimento - Conab/GEOTE
Caixa Postal 08582 – 70390010 – Brasília – DF, Brasil
{lecamms, erivandas}@yahoo.com.br
{giseledifferent, andrelsouza, allana1805}@gmail.com
{tarsis.piffer, clovis.oliveira}@conab.gov.br

ABSTRACT: This paper has intend to map the sugarcane crops in Argentina, whose economy is based mainly on agricultural activities. Most sugarcane production is concentrated in three Provinces: Tucumán, Salta and Jujuy. This places comprising about 90% of national production. The sugarcane mapping methodology used in this work was divided into three steps, including satellite images (high, medium and high spatial resolution), meteorological data and NDVI data. The satellite data used were: SPOT with high resolution images provided by Google Earth, LANDSAT 5 TM with medium resolution (30 meters) for the months of July, August and September to 2008 and 2009; and SPOT-VEGETATION with low resolution (1 km). Also, the meteorological data from European Centre for Medium Weather Forecast Period (ECMWF), in decades were used. According to released data from Agricultural Sector of the National Institute of Statistics and Censuses - IDEC to 2000, at the Argentina, the regions of sugarcane yield crops has 327,600 hectares of planted area. The sugarcane crop mapping constructed identified a total of 352,202 hectares in Argentina, of which, 182,530 ha in Tucumán, 117,553 hectares and 52,139 hectares in Salta and Jujuy, respectively. This work did not any field campaign to validate this result. However, the masks jointed with the vectorized images show us a consistent correspondence with generated data, images, and sugarcane crops informations. Thus, informations obtained in this work show a desirable result applying geospatial techniques and datasets.

Palavras chave: Remote sensing, geoprocessing, sugarcane, crop mask, sensoriamento remoto, geoprocessamento, cana de açúcar, máscara agrícola.

1. Introdução

De forma simplificada o sensoriamento remoto consiste em um conjunto de técnicas que, por meio da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície terrestre, disponibilizam imagens e outros tipos de dados, cujo tratamento, processamento e interpretação

podem ser utilizados para análise dos aspectos físicos de determinada região ou objeto de estudo. Estas imagens são captadas por sensores instalados em satélites artificiais (geoestacionários ou de órbita polar; de comunicação, meteorológicos ou de recursos ambientais). O tratamento e interpretação dos canais gerados a partir destes instrumentos tornam-se viáveis por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento. Ou seja, o geoprocessamento pode ser compreendido como uma entre as formas possíveis de apropriação destes tipos de dados.

Entre aplicações comuns do sensoriamento remoto e geoprocessamento destacam-se: acompanhamento de usos do solo; monitoramento de áreas de preservação; cartografia e atualização de mapas; organização de dados em SIG; monitoramento de áreas indígenas; acompanhamento da dinâmica de urbanização; monitoramento da qualidade da água; monitoramento da cobertura e condições do crescimento vegetal.

No caso do uso de geotecnologias voltado ao mapeamento de lavouras, o comportamento da vegetação é uma feição importante a ser analisada, o que envolve fatores como estrutura e fenologia da planta, propriedades físicas e químicas do solo na superfície, condições atmosféricas, regime de irrigação, calendário de plantio da cultura, dimensões das áreas plantadas, resolução espacial e temporal das imagens disponíveis.

É cada vez mais freqüente o uso de dados de sensoriamento remoto associado à aplicação de técnicas de geoprocessamento para o beneficiamento da agricultura e pecuária no Brasil, na América do Sul e nos demais continentes. Os estudos que vêm sendo desenvolvidos nesta linha de pesquisa viabilizam a obtenção de informações importantes como extensão e localização de diferentes culturas, contagem de área plantada; estimativa de produtividades, planejamento da produção agrícola.

Este trabalho se desenvolve com o objetivo de mapear as lavouras de cana de açúcar na Argentina. A economia do país baseia-se principalmente nas atividades em torno da agricultura e pecuária, (comércio interno, exportação e indústria). A maior parte da produção canavieira concentra-se nas províncias de Tucumán, Salta e Jujuy.

2. Metodologia de Trabalho

A metodologia do mapeamento se dividiu em três etapas: I- Tratamento e análise de imagens de alta e média resolução espacial, para fins de redução da escala da área de estudo e geração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - IVDN. II - Análise de dados meteorológicos e do IVDN, para a escolha dos meses mais prováveis em que se visualizaria o maior vigor vegetativo da cana. III - Processamento de imagens de média resolução para geração da máscara da cana de açúcar na Argentina.

2.1 Tratamento e análise de imagens de alta e média resolução: delimitação da área de interesse e geração do NDVI.

Com auxílio de imagens de alta resolução, (de 2003 a 2008 disponibilizadas pelo *Google Earth*), foi gerado um *shapefile* com pontos georreferenciados de cada coordenada geográfica, correspondentes às usinas de cana de açúcar das províncias de Tucuman, Salta e Jujuy, notadamente regiões de maior concentração da produção de cana no País. Para cada um destes pontos foi feito um segundo *shapefile*, de buffer das usinas, com raio de 30 quilômetros cada.

As imagens de média resolução foram disponibilizadas pelo satélite Landsat 5, instrumento TM, (resolução espacial de 30 metros, do meses de julho, agosto e setembro de 2008 e 2009). No pré-processamento foram feitos, restauração, georreferenciamento, conversão dos canais para radiância e reflectância e combinação de bandas. As cenas estão disponíveis no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

A restauração é feita com objetivo de melhorar a resolução espacial da imagem, a resolução não é modificada, eleva-se a qualidade dos pixels. O registro de uma imagem é importante para que a cena adquirida passe a ter características geométricas, (de referência e localização), iguais a da imagem base, ou o mais próximo possível disso. Neste caso admitiu-se um erro RMS menor que 0,5. A imagem base, (*Landsat Geocover*), possui um sistema de coordenadas padrão, desta forma a informação de localização dos dados mapeados não será modificada em imagens de diferentes origens. Este processo pode ser feito com o uso de funções polinomiais; triangulação de Dalaunay, rotação, dimensionamento, entre outros modelos/métodos matemáticos. A conversão dos canais é necessária para a correta análise da resposta espectral e geração do IVDN, a composição colorida, para que se identifiquem os padrões de uso e ocupação do solo.

Por estarem, em maior parte, datadas em anos anteriores a 2006, as informações das imagens de alta resolução foram comparadas aos dados das imagens de média resolução, considerando a resolução espacial e resposta espectral destas últimas. Ainda que a cana-de-açúcar se caracterize como uma cultura permanente, este processo foi realizado a fim de se refinar a área estudada.

Desta forma, optou-se por concentrar a análise dos dados meteorológicos e da resposta espectral do IVDN em um espaço de 30 quilômetros de raio a partir de cada usina. A localização dos pontos das usinas e a área de interesse se caracterizam de acordo com o mapa mostrado na Figura 1.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN, (ou *NDVI* para a abreviação em inglês), é um indicador comumente utilizado na identificação, avaliação da produtividade e crescimento de algumas culturas. Este índice foi proposto por Rouse et al. (1973), podendo ser obtido por meio da matemática de bandas de imagens de satélite (*Landsat*, *MODIS*, *SPOT*, entre outras) (equação 1):

$$NDVI = \frac{(Ch4 - Ch3)}{(Ch4 + Ch3)} \text{ (Equação 1),}$$

onde: *IVDN* = Índice de vegetação da diferença normalizada; *Ch4* = Refletância da faixa do infravermelho próximo (NIR); *Ch3* = Refletância da faixa do visível (VIS);

Por ser resultado da combinação de duas bandas, o NDVI encobre parcialmente os efeitos da presença dos constituintes atmosféricos e das perturbações radiométricas e geométricas (Holben, 1986). Neste trabalho o índice foi gerado a partir das imagens *Landsat* descritas neste mesmo item.

2.2 Análise dos dados meteorológicos e IVDN: identificação dos meses de maior vigor vegetativo da cana.

Nesta etapa da pesquisa foram utilizados dados do Centro Europeu de Previsão do Tempo em Médio Prazo, ECMWF - *European Centre for Medium-Range Weather Forecas*. Estes dados são agregados em períodos de 10 dias. As informações são disponibilizadas por meio de imagens e/ou shapefiles de acordo com o país ou continente escolhido. Neste caso, foram utilizadas imagens dos anos de 2007 e 2008 do continente da América do Sul.

Os parâmetros analisados foram: balanço hídrico climatológico, evapotranspiração efetiva da cobertura vegetal, precipitação acumulada e temperatura média. Juntamente com as informações associadas à climatologia, observou-se a assinatura temporal da cobertura vegetal na área de interesse delimitada.

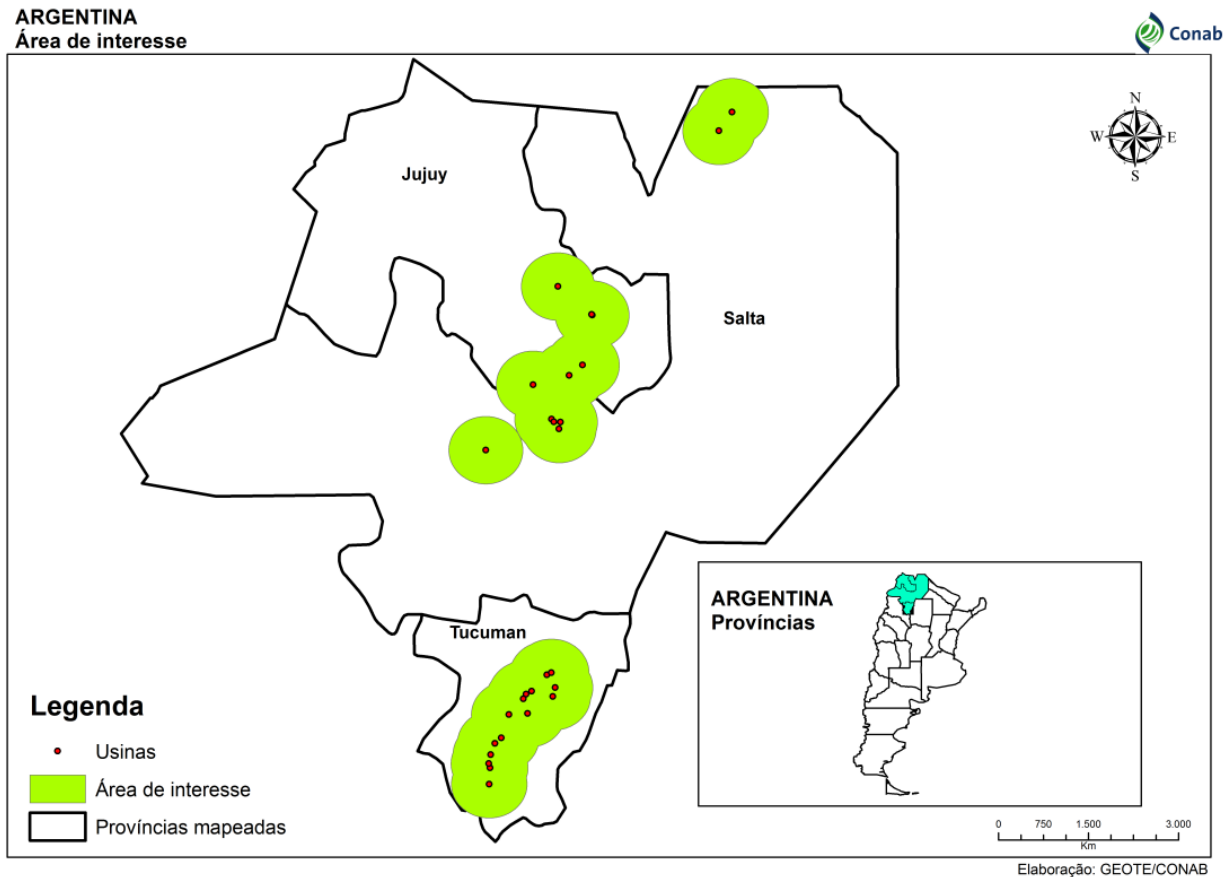


Figura 1. Argentina. Área de interesse delimitada a partir das usinas e análise das imagens.

O valor do IVDN varia de -1 a +1. O valores negativos e bem próximos a zero, geralmente indicam a presença de nuvens, queimadas, afloramento rochoso (resultante de intemperismo químico e/ou físico) ou solo exposto (resultante da ação antrópica). O valor do IVDN maior que zero indica a presença de vegetação. Quanto maior esse valor, mais densa será a vegetação ou maior é o vigor do crescimento vegetativo. Em alguns casos, (com auxílio de informações complementares), é possível identificar (e conseqüentemente isolar) o valor do IVDN de um tipo de cultura específica; e a partir disto mapear este cultivo por meio da geração de máscaras.

Neste caso o IVDN, associado aos dados referentes à climatologia (Hochheim e Barber, 1998; Hill e Donald, 2003), foi utilizado na identificação dos meses de maior crescimento vegetativo da cana de açúcar na Argentina nos anos de 2008 a 2009. A partir desta análise conjunta, partiu-se da hipótese de que o ciclo fenológico da cana na região delimitada se iniciaria no mês de maio, se estendendo até novembro.

2.3 Processamento de Imagens de média resolução: geração da máscara.

A geração das máscaras da cana para as províncias de Jujuy, Salta e Tucuman foi feita com auxílio dos dados do instrumento VEGETATION-2 (VGT) do satélite SPOT 5, que gera imagens multiespectrais de 1 km de resolução espacial, permitindo, entre outras aplicações, o

monitoramento de mudanças climáticas e das condições de crescimento da vegetação. Para a geração da máscara foram utilizadas imagens decendiais, referentes aos dias dos meses de julho, agosto e setembro dos anos de 2005 a 2009, por serem, em tese, os meses de maior vigor vegetativo das plantas na região estudada.

As bandas referentes ao período em questão foram somadas de forma que a imagem resultante pode destacar as áreas de cultivo de cana.

Com auxílio de técnicas de geoprocessamento as regiões destacadas nas imagens resultantes foram transformadas em máscaras de valor binário (zero e um) e aplicadas às imagens originais. Os dados em formato raster foram qualificados em cinco classes distintas de acordo com o valor da resposta espectral dos pixels, com o objetivo de se retirar feições referentes às áreas antrópicas (usinas, cidades, rodovias, etc.) e à hidrografia. As classes de maior valor, correspondentes às áreas de cultivo da cana, foram vetorizadas. Desta forma, puderam-se delimitar as plantações deste tipo de cultura e quantificar a área plantada. Na última parte da metodologia foi feita a conferência das regiões delimitadas pelos vetores com as imagens de média resolução (Landsat 5), e com as imagens de alta resolução (*Google Earth*), onde se pôde observar o resultado entre os dados obtidos e a configuração das áreas plantadas.

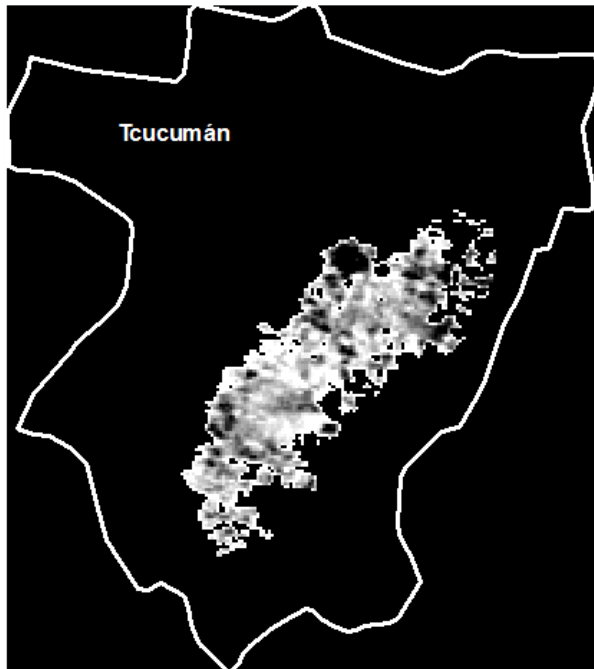


Figura 2. Tucumán. Máscara em formato raster.

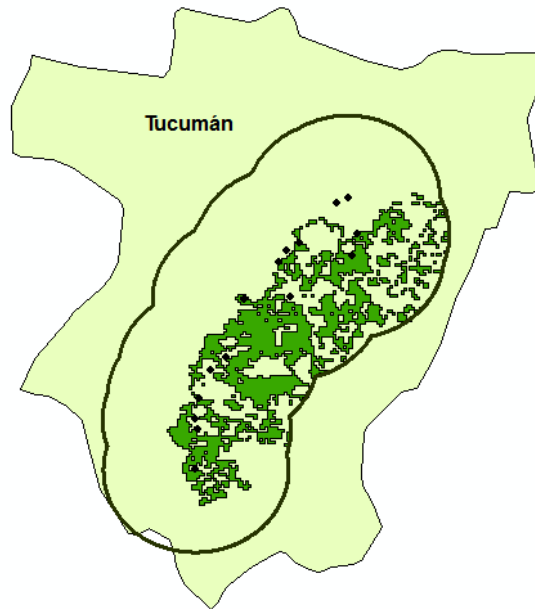


Figura 3. Tucumán. Máscara vetorizada (shapefile).

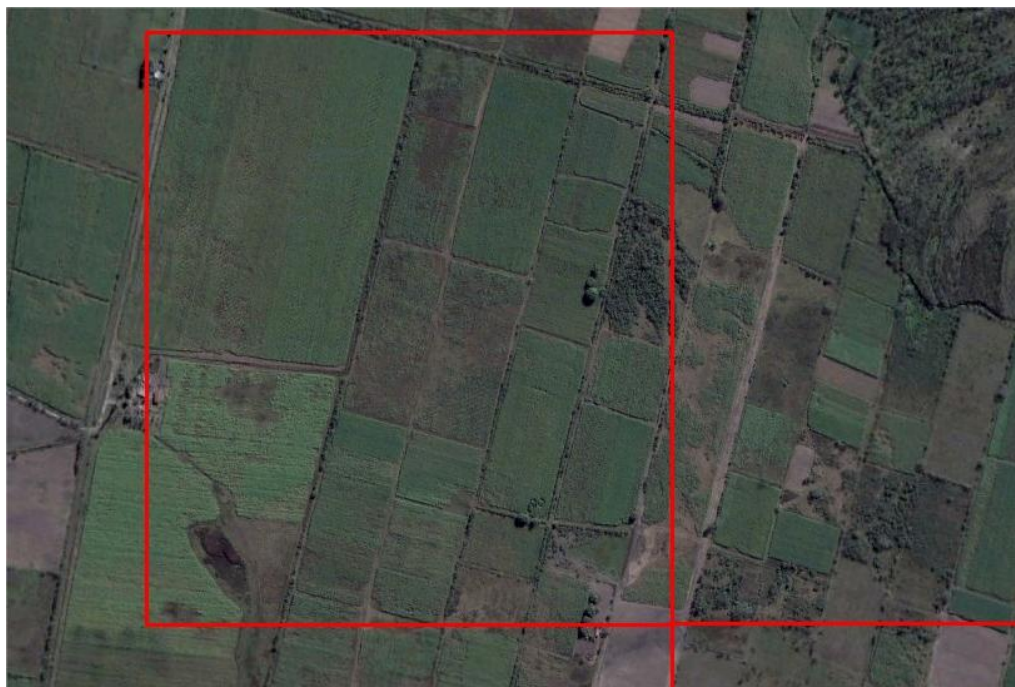


Figura 4. Amostra da cana mapeada em escala de detalhe (Fonte: Imagem – *Google Earth*, 2010).

3. Resultados e Discussão

A configuração, localização das máscaras e a contagem das áreas mapeadas caracterizam-se de acordo com os cartogramas das figuras 5, 6 e 7.

De acordo com dados do ano de 2000, divulgados pelo Setor Agropecuário do Instituto Nacional de Estadística y Censos – *INDEC*, da Argentina, as regiões de cultivo de cana de açúcar no país, respondem por aproximadamente 327.600 hectares de área plantada. Deste total, as províncias de Tucumán, Salta e Jujuy, compreendem aproximadamente 90% da produção. O mapeamento realizado nesta pesquisa contabilizou um total de 352.202 hectares.

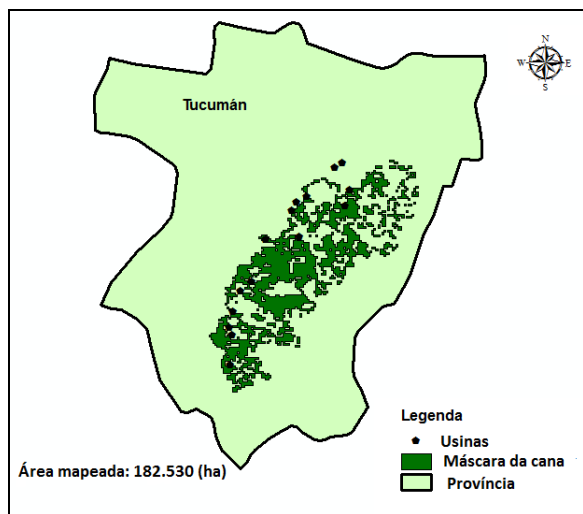


Figura 5. Máscara da cana em Tucumán.

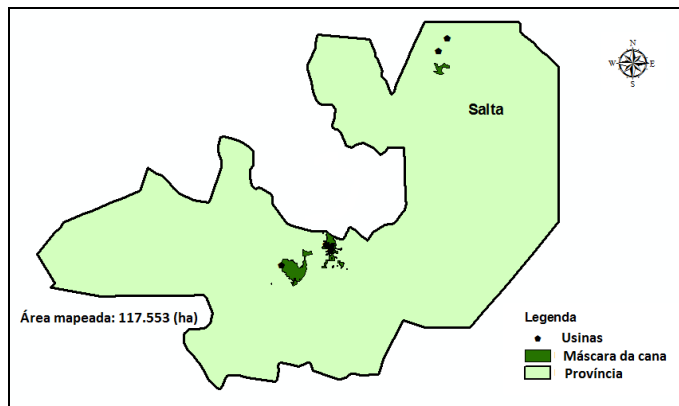


Figura 6. Máscara da cana em Salta

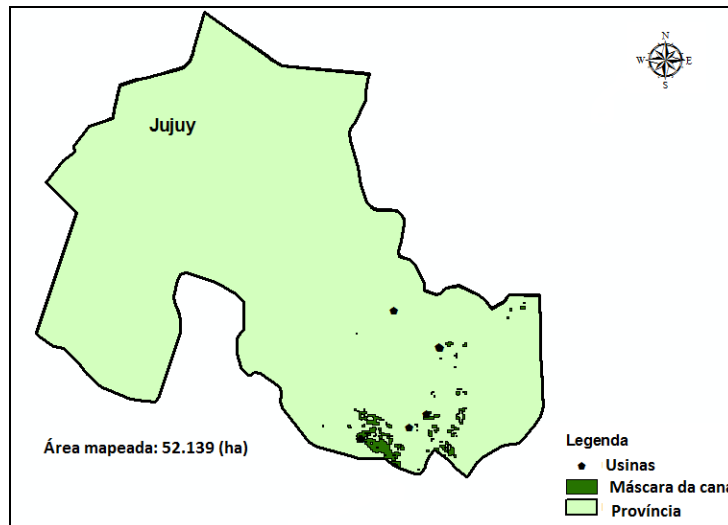


Figura 7. Máscara da cana em Jujuy.

Por se caracterizarem como áreas de grandes extensões, essas regiões puderam ser identificadas desta maneira, o que, em função da resolução espacial das imagens, não poderia ser aplicado a outros tipos de plantações, cultivadas em menor escala.

Durante a realização da pesquisa não houve validação do mapeamento, ainda assim, a partir da conferência das máscaras vetorizadas com as imagens de média e alta resolução, pôde-se observar que a delimitação das áreas, resultantes do mapeamento, correspondes às regiões de cultivo da cana condiz de maneira bastante satisfatória com a configuração das áreas observadas nas imagens.

4. Conclusões

Este mapeamento obteve os seguintes valores de área para as províncias mapeadas: Tucumán, 182.530 hectares; Salta, 117.553 hectares; Jujuy, 52.139 hectares. As informações obtidas ao final da pesquisa apontam um resultado desejável e convincente acerca da eficiência do uso de dados de sensoriamento remoto e processamento de imagens de satélite através das técnicas de geoprocessamento utilizadas, o que não significa afirmar que diferentes metodologias não possam chegar a resultados semelhantes. As informações resultantes de mapeamentos, realizados por meio de processamento e análise dos dados de imagens de satélite, devem ser conferidas com trabalhos de campo para validação, capazes de aumentar a confiabilidade das informações já apuradas, sempre que se mostrar necessário.

Para explorar a potencialidade da aplicação dos diferentes satélites no monitoramento das variabilidades bioclimáticas e recursos ambientais da superfície terrestre é necessário conhecer a capacidade e o limite dos dados adquiridos pelos satélites disponíveis (Liu, 2007).

Ainda que os recursos disponibilizados por geotecnologias viabilizem a difusão e aquisição de informações importantes à interpretação e estudo de coberturas vegetais de grandes extensões, somente a escala real é capaz de traduzir a consistência das feições analisadas com cem por cento de eficiência.

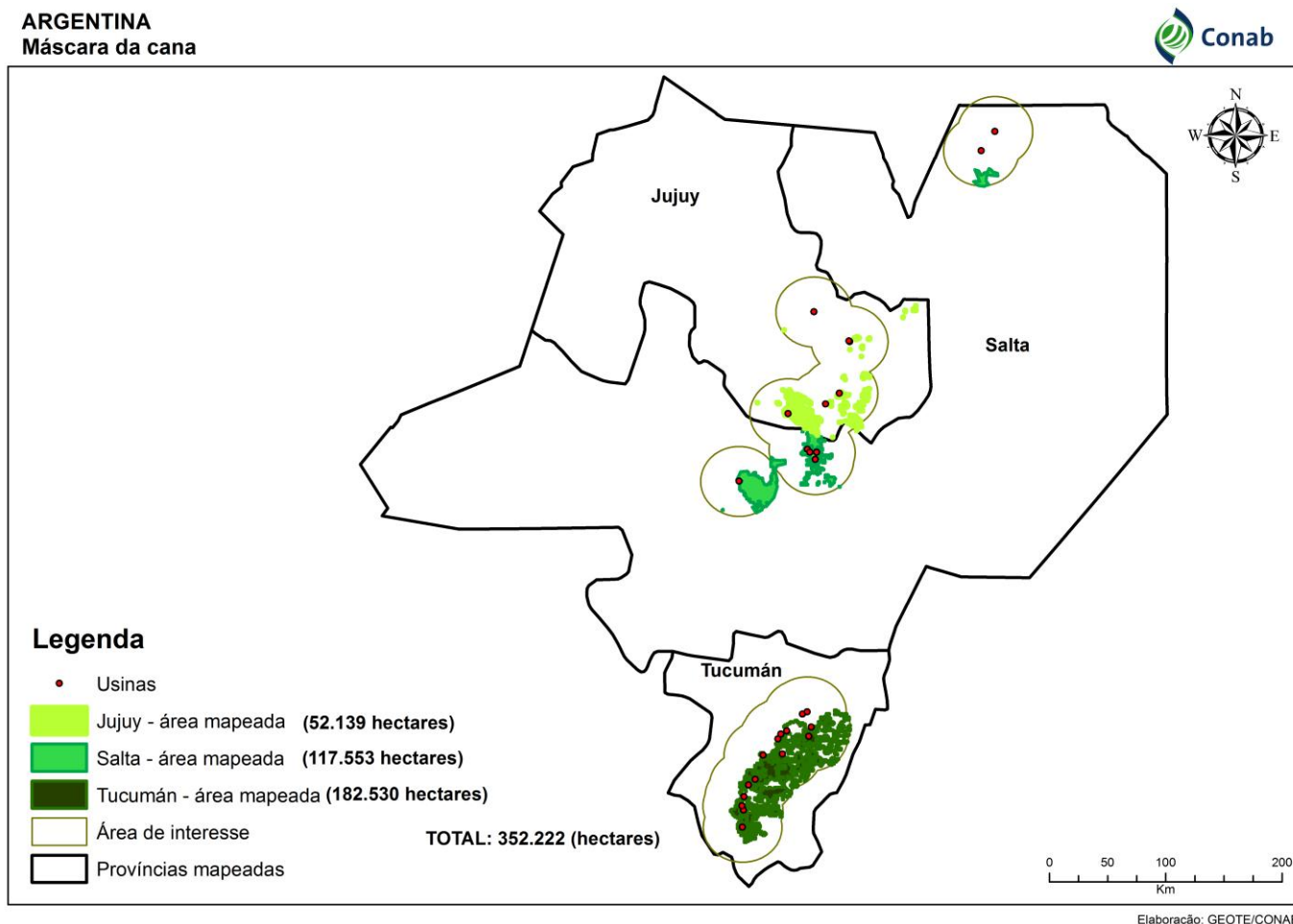


Figura 8. Resultado final do mapeamento.

Agradecimentos

A toda a equipe da Gerência de Geotecnologia – GEOTE, da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, por ter orientado e tornado possível a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

Hill, M.J.; Donald, G.E. Estimating spatio-temporal patterns of agricultural productivity in fragmented landscapes using AVHRR NDVI time series. **Remote Sensing of Environment**, v.84, p.367-384, 2003.

Hochheim, K.P.; Barber, D.G. Spring wheat yield estimation for Western Canada using NOAA NDVI data. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v.24, n.1, 1998.

Holben, B.N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7 n. 11 p.1417-1434, 1986.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2007. p. 881

PONZONI, F. J. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São Paulo: Parêntese, 2007. p. 127

Evolución de la superficie implantada de cultivos industriales por cultivo. Total del país. Campañas 1995-1996/1999-00. Disponível em: <<http://www.indec.gov.ar/>>. Acesso em: 14. set. 2010.