

Mudança no uso da terra pela agricultura brasileira de 1990 a 2014

Alfredo José Barreto Luiz¹
Ieda Del'Arco Sanches²
Marcos Corrêa Neves¹

¹ Embrapa Meio Ambiente
Caixa Postal 69 - 13820-000 - Jaguariúna - SP, Brasil
{alfredo.luiz, marcos.neves}@embrapa.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
ieda.sanches@inpe.br

Abstract. In this work, we used data on area harvested and quantity produced from the three major Brazilian crops in the area: soybean, sugarcane and corn, provided by the IBGE Municipal Agricultural Research (PAM), for the period between 1990 and 2014, to evaluate the dynamics of agriculture in Brazil. The analysis focused on the increase in time and the change in the space occupied by the production. We used images of the sensors OLI and TM on board the Landsat-8 and Landsat-5 satellites, respectively, to exemplify changes in land use and land cover in selected areas. In 25 years, the combination of increased Brazilian agricultural productivity with the large-scale adoption of the *safrinha* or second crop season (intensification of agriculture) resulted in a 197% increase in the production of these crops, without expanding the cultivated area in the same proportion of production. There was also a significant change in production sites. We have confirmed that the changes recorded by the official data were in accordance with the ones that are showed by the remote sensing images. Municipalities responding for 25% national production dramatically changed in number and in its spatial distribution in this short period, moving the grain pole from South and Southeastern region to Central-West region of Brazil.

Palavras-chave: remote sensing, LUC, agricultural dynamics, sensoriamento remoto, MUT, dinâmica agrícola.

1. Introdução

Dados sobre área colhida e quantidade produzida das três maiores culturas em área: soja, cana-de-açúcar e milho, fornecidos pela Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE, referentes ao período entre 1990 e 2014, foram utilizados para avaliar a dinâmica da agricultura brasileira. A análise focou o aumento no tempo e a mudança no espaço ocupado pela produção. Imagens do satélite Landsat-8 foram utilizadas para exemplificar as mudanças de uso e cobertura do solo em algumas áreas escolhidas. Em 25 anos, a combinação do aumento da produtividade agrícola brasileira com a adoção em grande escala da prática da safrinha ou segunda safra (intensificação da agricultura) resultou em um aumento de 197% na produção dessas culturas, sem expandir a área cultivada na mesma proporção da produção. Houve também uma expressiva mudança nos locais de produção. As mudanças registradas pelos dados oficiais são corroboradas pelas imagens de sensoriamento remoto.

O Brasil passou por uma enorme mudança no cenário agrícola num curto período de 25 anos. A produção de diversas culturas mudou de lugar no espaço, a área cultivada cresceu no geral, mas reduziu-se em alguns casos, e a produção total resultante foi fortemente alterada. Em um trabalho bastante interessante sobre o padrão de uso do solo pela agricultura brasileira, Dias et al. (2016) apresentam um gráfico que mostra as mudanças no tempo e no espaço por que passou a criação de gado no país de 1990 a 2010, no qual se confirma a expressiva dinâmica também presente nesse setor da agropecuária brasileira. Os avanços técnicos são responsáveis por grande parte dessas mudanças. Entretanto, também envolveu avanços na infraestrutura bem como nas políticas públicas e maior inserção nos mercados internacionais. Estas considerações concordam com Abreu (2015), que argumenta que a agricultura brasileira optou por crescer via produtividade, um método moderno, baseado em ciência e tecnologia, que exige forte participação do setor público.

2. Metodologia de Trabalho

Para uma discussão mais detalhada das mudanças na produção, produtividade, escala e local (municípios) da agricultura brasileira nos 25 anos de 1990 a 2014, foram escolhidas as culturas da cana-de-açúcar, da soja e do milho. Foram analisados os valores de área colhida e quantidade produzida, em 1990 e em 2014, por região e para o país todo, para essas três culturas consideradas de ciclo curto (ou temporárias, segundo o IBGE). Essas culturas apresentaram o maior volume de produção, em toneladas, e também ocupam maior área colhida, em hectares, entre as 31 culturas temporárias levantadas pela PAM/IBGE, no ano de 2014 (IBGE, 2016).

Para cada cultura, nos anos de 1990 e 2014, foram listados todos os municípios brasileiros produtores, ordenados da maior para a menor produção e separados em quatro faixas, cada uma somando 25% da produção total. Portanto, na primeira faixa estavam os maiores municípios em produção, responsáveis por 25% do total produzido no país, os quais foram identificados e tiveram seus valores estudados. Foram, então, comparadas as listas desses municípios em 1990 e 2014, tanto em relação ao número de municípios necessários para alcançar 25 % da produção, quanto à permanência ou não dos municípios na faixa superior, além de calculadas as estatísticas da produção e da produtividade municipal nesses grupos.

Adicionalmente às mudanças quantitativas observadas na produção agrícola brasileira, a distribuição espacial da mesma foi estudada nesses 25 anos. Para efeito de comparação, foram elaborados mapas do território nacional em que são destacados os municípios na faixa superior de produção, responsáveis por 25 % do total produzido no Brasil de cana-de-açúcar, soja e milho, em 1990 e em 2014. Na sua elaboração foi utilizada a malha municipal de 2007, disponível no site do IBGE para o Brasil. Embora esta malha possua seis municípios a menos que o número de municípios existentes em 2014 (5.570 municípios), nenhum desses novos municípios apareceu nas faixas superiores de produção de nenhuma das três culturas estudadas, nas datas avaliadas. Além de observar como o mapa da produção se altera ao longo do tempo, a partir dos dados do IBGE, partiu-se para verificar como essa mudança registrada pelos números subjetivos do levantamento agrícola oficial se reflete no aspecto do uso do solo conforme identificado pelas imagens de satélite. Para tanto, foram selecionadas áreas de municípios que passaram por grandes mudanças de uso agrícola do solo no período estudado, tanto no sentido de crescimento de área das culturas como de alteração das culturas presentes na área. Para isso, doze imagens de satélite da série Landsat, com resolução espacial de 30 m, de três áreas distintas (Pitanga, PR; Sapezal, MT, Barretos e Guaíra, SP), foram utilizadas com o intuito de exemplificar a dinâmica agrícola brasileira. Esses municípios foram escolhidos porque apresentam vários tipos de comportamento ao longo dos 25 anos. Guaíra, SP, já estava na faixa superior de produção de cana em 1990 e permaneceu na mesma faixa em 2014, apesar de ter aumentado a produção em 365%; já Barretos, SP, município vizinho, que não estava nessa faixa, ingressou nela e superou Guaíra em total produzido. Sapezal, MT, não aparecia na faixa superior de nenhuma cultura, mas passou a ocupar essa posição tanto para soja como para milho. Já o município de Pitanga, PR, que era o segundo maior produtor de milho em 1990, deixou de figurar na faixa superior de produção dessa cultura.

Foram comparadas imagens (TM/Landsat-5) do início da década de 90 (1990, 1991 e 1992) com imagens (OLI/Landsat-8) mais atuais (2014 e 2015). Apesar das imagens terem sido adquiridas por dois sensores diferentes (TM e OLI), os dados são comparáveis. Para as análises, as imagens foram apresentadas em composição colorida falsa-cor (RGB NIR-SWIR-Red), na qual a vegetação aparece em tons de vermelho, marrom, laranja e amarelo. Essa composição é adotada por facilitar a interpretação visual dos alvos agrícolas.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os valores de área colhida em 1990 e em 2014, por região e para o país todo, para as três culturas estudadas. Na Tabela 2 são apresentados os valores da produção

em toneladas dessas mesmas culturas nas mesmas regiões. Juntas, essas culturas representaram 80,6% da área colhida e 93,1% do volume total produzido, em 2014, das 31 culturas temporárias presentes no levantamento do IBGE, a PAM.

Nas Tabelas de 1 e 2 os maiores valores de área colhida (Tabela 1) e quantidade produzida (Tabelas 2), por cultura e para o total, entre os anos de 1990 e 2014, estão em negrito, e os maiores valores no ano, por cultura e para o total, entre as regiões, estão sombreados.

Tabela 1. Área colhida em 1990 e em 2014, por região e para o país todo, das culturas de soja, milho, cana-de-açúcar, trigo e algodão.

Brasil e Grande Região	Área colhida (hectares) de lavoura temporária por ano							
	Soja		Milho		Cana-de-açúcar		Total	
	1990	2014	1990	2014	1990	2014	1990	2014
Brasil	11.487.303	30.273.763	11.394.307	15.431.709	4.272.602	10.437.567	27.154.212	56.143.039
Centro-Oeste	3.810.153	14.020.412	1.416.480	6.402.259	215.983	1.798.610	5.442.616	22.221.281
Sul	6.149.829	10.557.644	4.737.300	3.919.220	206.980	715.698	11.094.109	15.192.562
Sudeste	1.119.587	1.929.284	2.704.098	2.075.556	2.357.091	6.667.584	6.180.776	10.672.424
Nordeste	376.814	2.580.883	2.139.037	2.496.560	1.476.795	1.192.919	3.992.646	6.270.362
Norte	30.920	1.185.540	397.392	538.114	15.753	62.756	444.065	1.786.410

Na Tabela 1, milho teve aumento substancial, mas cana e soja tiveram crescimento expressivo de área. Além do crescimento da área total e do aumento da área individual das culturas, o que salta aos olhos é a mudança de protagonismo entre as grandes regiões brasileiras e a diferença no comportamento das culturas nas regiões. Ou seja, embora a soja tenha crescido em área em todas as regiões, resultando em um aumento total de 163,5% no período, o aumento foi muito diferente nas diversas regiões, ficando em 72% no Sul (S) e Sudeste(SE), 268% no Centro-Oeste(CO), 585% no Nordeste (NE) e 3.734% no Norte (N). Como resultado dessa mudança, o CO desbancou o S como maior região, em área colhida de soja. A área colhida de milho cresceu 35,4% no total, sendo 17% na região NE, 35% no N e impressionantes 352% no CO, enquanto diminuiu a área desse cereal em 17% no S e 23% no SE. A cana-de-açúcar só viu a área colhida diminuir no NE (-19%), mas cresceu no total (144,3%) e em todas as demais regiões: 183% no SE; 246% no S; 298% no N; e 733% no CO.

Enquanto a área colhida quase dobrou (Tabela 1), o total produzido quase triplicou para as mesmas culturas de 1990 para 2014 (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade produzida em 1990 e em 2014, por região e para o país todo, das culturas de soja, milho e cana-de-açúcar

Brasil e Grande Região	Quantidade produzida (toneladas) de lavoura temporária por ano							
	Soja		Milho		Cana-de-açúcar		Total	
	1990	2014	1990	2014	1990	2014	1990	2014
Brasil	19.897.804	86.760.520	21.347.774	79.877.714	262.674.150	737.155.724	303.919.728	903.793.958
Centro-Oeste	6.441.323	41.989.830	3.108.401	36.076.856	14.126.298	132.490.492	23.676.022	210.557.178
Sul	11.500.593	29.623.128	11.792.614	24.362.490	13.630.374	49.554.465	36.923.581	103.540.083
Sudeste	1.685.994	5.054.778	5.258.540	11.020.109	162.444.052	481.277.697	169.388.586	497.352.584
Nordeste	225.502	6.571.222	648.582	6.693.954	71.689.378	69.272.542	72.563.462	82.537.718
Norte	44.392	3.521.562	539.637	1.724.305	784.048	4.560.528	1.368.077	9.806.395

Ao analisarmos agora a distribuição espacial dos municípios principais produtores dessas três culturas, verificamos, que com relação à cana-de-açúcar (Tabela 3), 32 municípios respondiam por 25% da produção nacional em 1990 e esse número aumentou para 54 em 2014. É de se destacar que entre esses, apenas 17 se mantiveram no grupo de maior produção, ou seja, 15 municípios deixaram de figurar entre os mais produtivos nesse período e outros 37 passaram a pertencer a esse conjunto. Embora a produtividade média do grupo tenha crescido apenas 2,8% no período, a produtividade mínima cresceu mais (100%) que a máxima (20%), resultando em um conjunto com mais homogeneidade, representada pela redução de 30,5% no coeficiente

de variação (CV). O crescimento da produção média desse grupo, entretanto, cresceu bem mais (66,5%) que a produtividade, resultado de um crescimento tanto da produção máxima registrada entre os municípios (107%), quanto da mínima (81,2%). Como o crescimento da produção mínima foi menor que o da máxima, houve um aumento da heterogeneidade dessa variável no período, representado por um aumento de 22 % no CV. Isso se deve às características fundiárias das novas regiões produtoras (Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), que levou a inclusão entre os maiores produtores de municípios com maior área total. Por fim, a combinação do aumento no número de municípios e da média resultou em um expressivo aumento de 179,2% na produção total nesse grupo (e portanto no Brasil, pois ele representa sempre 25% do total) nos 25 anos estudados.

Tabela 3. Comportamento da produtividade e da produção da cana-de-açúcar no conjunto dos municípios responsáveis por 25% da produção brasileira da cultura em 1990 e 2014, a partir de dados do IBGE.

cana-de-açúcar	1990		2014		diferença %	
	produtividade (kg/ha)				1990	2014
média	74.389	76.490	2,8	2.050.223	3.392.625	65,5
máximo	100.000	120.000	20,0	3.326.131	6.885.000	107,0
mínimo	25.000	50.000	100,0	1.350.000	2.445.998	81,2
mediana	75.086	77.932	3,8	1.962.872	3.025.000	54,1
moda	80.000	80.000	0,0	.	3.060.000	.
desvio padrão	14888	10636	-28,6	560.731	1.132.355	101,9
CV	20	14	-30,5	27	33	22,0
soma				65.607.135	183.201.737	179,2
				somam 25% do total		diferentes
número de municípios				32	54	52

O expressivo fenômeno do crescimento da soja brasileira pode ser acompanhado pelos dados da Tabela 4. Enquanto o número de municípios responsáveis por um quarto da produção brasileira quase não aumentou, indo de 26 para 27 em 25 anos, apenas 9 dentre eles permaneceu no grupo de maiores produtores, o que demonstra a mudança geográfica ocorrida. A produtividade da cultura cresceu 52,6%, sendo que a máxima cresceu bem menos (30,2%) que a mínima (98,6%), resultando numa maior homogeneidade do grupo, representada pela redução de 50,7% no CV.

Tabela 4. Comportamento da produtividade e da produção da soja no conjunto dos municípios responsáveis por 25% da produção brasileira da cultura em 1990 e 2014, a partir de dados do IBGE.

soja	1990		2014		diferença %	
	produtividade (kg/ha)				1990	2014
média	1.992	3.040	52,6	192.905	799.353	314,4
máximo	2.580	3.360	30,2	371.480	1.981.800	433,5
mínimo	1.259	2.500	98,6	131.629	505.800	284,3
mediana	2.038	3.083	51,3	176.772	696.600	294,1
moda	2.100	3.180	51,4	.	.	.
desvio padrão	296	223	-24,7	58.092	313.748	440,1
CV	15	7	-50,7	30	39	30,3
soma				5.015.538	21.582.526	330,3
				somam 25% do total		diferentes
número de municípios				26	27	35

A cultura do milho foi outra que passou por enormes transformações tanto na distribuição espacial como no nível tecnológico nos últimos 25 anos, conforme pode ser observado na Tabela 5. Enquanto eram necessários 81 municípios para responderem por um quarto da produção nacional em 1990, em 2014 apenas 24 foram responsáveis por 25% do total colhido deste cereal. E apenas 8 daqueles maiores produtores do passado se mantiveram no quartil superior atual, surgindo 16 novos destaques entre os municípios responsáveis pela produção do milho brasileiro. Pelo lado tecnológico, a produção média nesse grupo de maiores produtores aumentou 113,1 %, tendo a produtividade mínima crescido impressionantes 316,8% e a

variabilidade foi reduzida, conforme medida pelo coeficiente de variação, de 25 para 16 %. Para compensar a redução do número nesse grupo de maiores produtores e o crescimento da produção nacional, a produção média desses municípios aumentou 1.136,4 %, surgindo gigantes com até 2 milhões de toneladas colhidas anualmente, quando em 1990 o máximo era de pouco mais de 250 mil toneladas.

Tabela 5. Comportamento da produtividade e da produção do milho no conjunto dos municípios responsáveis por 25% da produção brasileira da cultura em 1990 e 2014, a partir de dados do IBGE.

milho	1990	2014	diferença %	1990	2014	diferença %
	produtividade (kg/ha)			produção (t)		
média	2.807	5.984	113,1	65.876	814.514	1.136,4
máximo	4.800	9.347	94,7	250.170	2.007.720	702,5
mínimo	1.200	5.001	316,8	41.250	439.800	966,2
mediana	2.728	5.769	111,5	58.046	714.126	1.130,3
moda	3.000	5.400	80,0	42.000	.	.
desvio padrão	712	979	37,6	31.682	353.963	1.017,2
CV	25	16	-35,4	48	43	-9,6
soma				5.335.935	19.548.327	266,4
número de municípios				somam 25% do total		diferentes
número de municípios				81	24	89

O olhar focado nas três principais culturas temporárias tem o objetivo de demonstrar a forte mudança ocorrida no setor agrícola brasileiro em apenas um quarto de século, com reflexos na mudança de uso da terra, no uso de tecnologia, na demanda por infraestrutura e na geração de renda. Sobre esse último aspecto, é importante ressaltar que o aumento da produtividade das culturas é o efeito do aumento da produtividade da terra e da mão de obra, que por sua vez só foi possível com o aumento da escolaridade no meio rural e a disponibilidade de tecnologia adaptada aos trópicos (sementes, variedades, máquinas e insumos em geral). Mas tudo isso precisou ser respaldado por políticas públicas fundiárias, creditícias e de apoio à pesquisa e transferência de tecnologia, além do aumento significativo do acesso à educação pela população em geral.

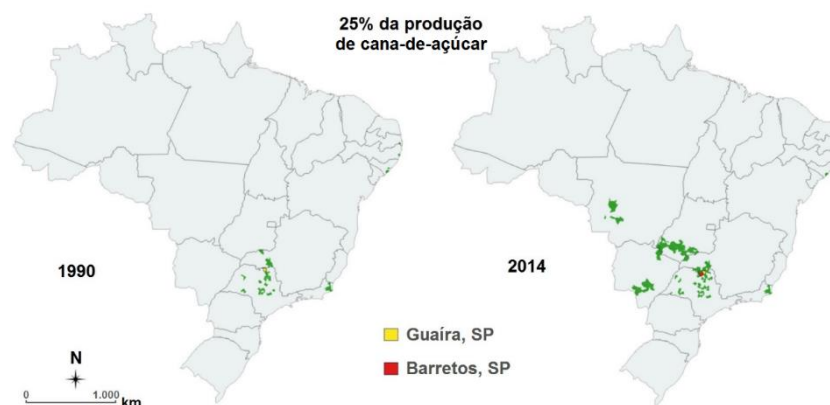


Figura 1. Mapas em que são destacados os municípios na faixa superior de produção, responsáveis por 25 % do total produzido no Brasil de cana-de-açúcar, em 1990 e 2014.

A localização da produção da cana-de-açúcar, da soja e do milho, também mudou muito nos 25 anos estudados. As Figuras 1, 2 e 3 retratam essa mudança em mapas. No geral, a distribuição espacial dos principais produtores se modificou, sendo que a Região Centro-oeste (CO) foi a que mais aumentou a produção.

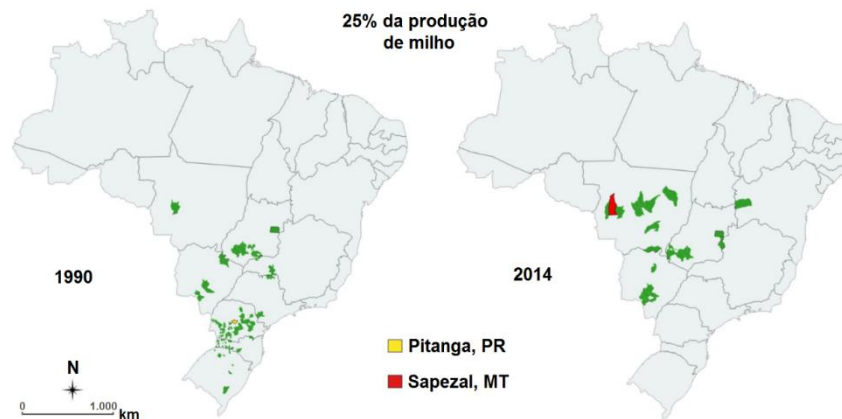


Figura 2. Mapas em que são destacados os municípios na faixa superior de produção, responsáveis por 25 % do total produzido no Brasil de milho, em 1990 e 2014.

Em geral, a área dos municípios do CO é bem maior que a observada no S e SE, o que acaba por influir na visualização dos dados. Isso porque municípios com grande área, mesmo que com um percentual menor do território ocupado por uma cultura, podem ter maior produção que municípios menores em área que tenham quase toda ela ocupada pelas lavouras. Outro ponto é que os municípios recentemente incorporados à produção agrícola de commodities em grande escala têm sido, em geral, ocupados por produtores inseridos e informados (Luiz e Quirino, 2004), os quais conduzem suas lavouras baseados nas mais recentes tecnologias, alcançam maior produtividade e comportam-se de forma mais homogênea.

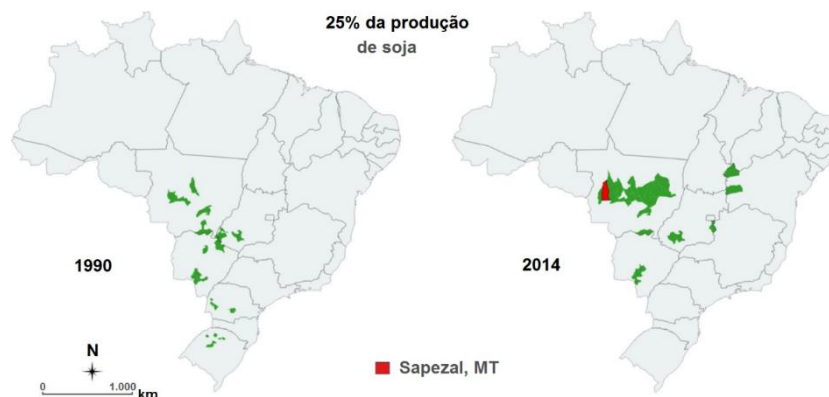


Figura 3. Mapas em que são destacados os municípios na faixa superior de produção, responsáveis por 25 % do total produzido no Brasil de soja, em 1990 e 2014.

Com base nos dados da PAM do IBGE, e confirmado pela análise das imagens de satélite obtidas em 1990, 1991, 2014 e 2015 (Figura 4), verifica-se que atualmente a cana-de-açúcar (Figura 4D) é a principal cultura nos municípios de Barretos e Guaiá, SP, ocupando áreas que no início da década de 90 eram ocupadas por culturas anuais, como a soja (Figura 4B). Ao comparar as quatro imagens apresentadas na Figura 4, observa-se que em setembro de 1990 havia, nessa região, o predomínio de solos preparados (talhões de cor azul, Figura 4A) para o plantio da safra 1990-1991. Já em setembro de 2014 (Figura 4C), apesar de alguns talhões de solo preparado, o predomínio é de talhões de cana-de-açúcar (colhidos ou prontos para colher). A vegetação aparece em tons de vermelho, marrom, laranja e amarelo e a palhada (colheita mecânica) em branco. Vegetação em início de desenvolvimento aparece em tons de verde.

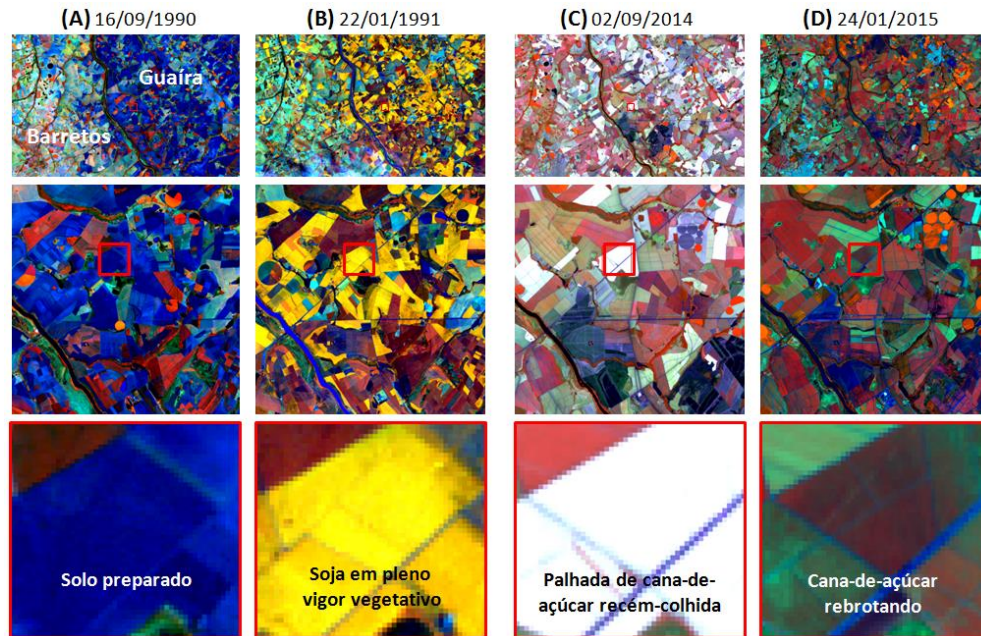


Figura 4. Recortes de imagens (RGB NIR-SWIR-Red) de áreas agrícolas em Barretos e Guaira, SP. Imagens TM/Landsat-5 (RGB 453) obtidas em (A) 16/09/1990, (B) 22/01/1991; e imagens OLI/Landsat-8 (RGB 564) obtidas em (C) 02/09/2014, e (D) 24/01/2015.

Em Sapezal, MT, imagens de 1991/1992 mostram que as pastagens predominavam nessa região (Figura 5A e B). Culturas anuais surgem só a partir de 1997 (IBGE, 2016). Atualmente, prevalece o plantio de soja na safra (Figura 5C) e de milho e algodão na “safrinha” (Figura 5D).

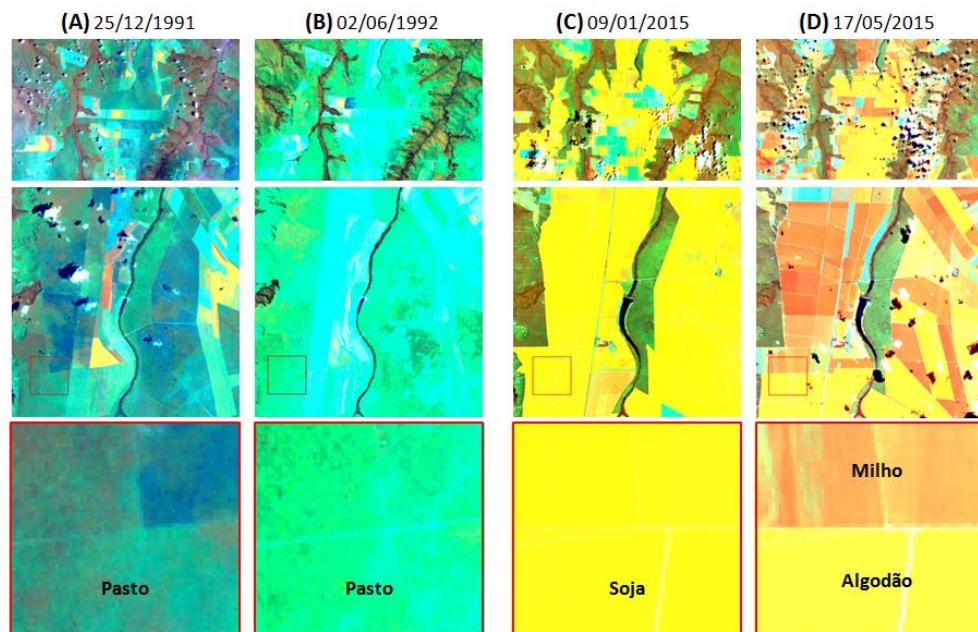


Figura 5. Recortes de imagens (NIR-SWIR-Red) de áreas agrícolas do município de Sapezal, MT. Imagens TM/Landsat-5 (RGB) obtidas em (A) 16/09/1990, (B) 22/01/1991; e imagens OLI/Landsat-8 (RGB 564) obtidas em (C) 02/09/2014, e (D) 24/01/2015. A vegetação verde aparece em tons de vermelho, marrom, laranja e amarelo; e a vegetação seca (e.g. pastos na época da seca) em tons de verde.

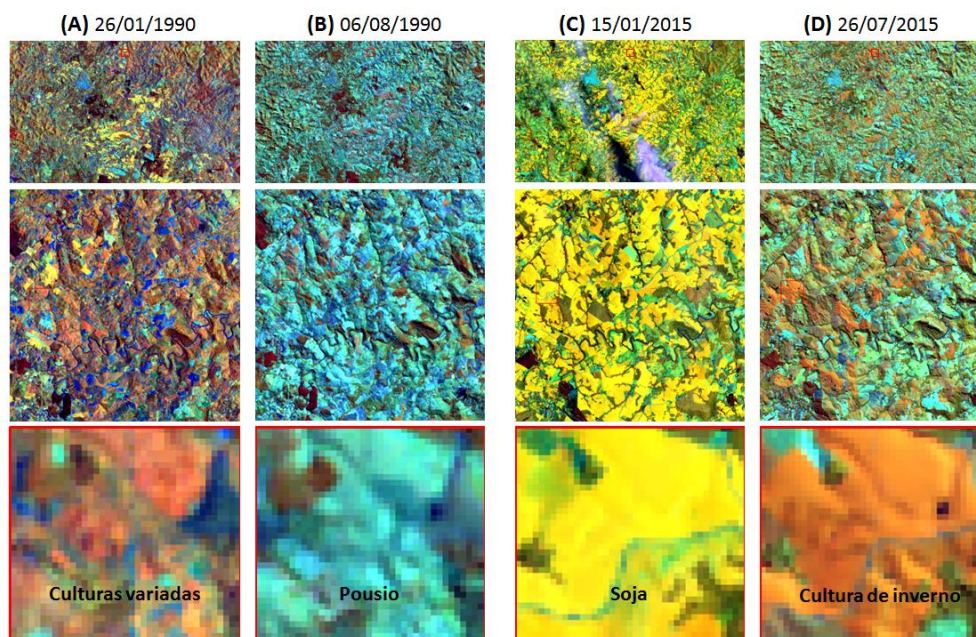


Figura 6. Recortes de imagens (NIR-SWIR-Red) de áreas agrícolas do município de Pitanga, PR, e arredores. Imagens TM/Landsat-5 (RGB) obtidas em (A) 26/01/1990, (B) 06/08/1990; e imagens OLI/Landsat-8 (RGB 564) obtidas em (C) 15/01/2015, e (D) 26/07/2015.

Pitanga, PR, grande produtor de milho em 1990, teve áreas com milho, arroz e feijão reduzidas, mas soja e trigo apresentaram aumento (IBGE, 2016) e as imagens (Figura 6) corroboram esses dados. A imagem de janeiro de 1990 apresenta um mosaico de cores que representa cultivos variados (Figura 6A); já em janeiro de 2015 o predomínio é de soja (Figura 6C). Ao comparar as imagens de agosto de 1990 (Figura 6B) e julho de 2015 (Figura 6D), observa-se que em 2015 existem menos áreas de pousio (tons de azul e verde) e mais áreas de cultivos de segunda safra (tons de vermelho, marrom, laranja e amarelo nas imagens).

4. Conclusões

A área colhida com cana-de-açúcar, milho e soja aumentou em 106,8 % em 25 anos no Brasil. No mesmo período a quantidade produzida cresceu 197,4 %. Apesar de apresentar crescimento total de área e produção em todas as regiões do país, os aumentos não foram uniformes no espaço para as três lavouras. O milho reduziu a área no S e SE, embora com aumento de produção, e a cana reduziu área e produção no NE. Quando se olha para municípios, as mudanças foram ainda mais nítidas, evidenciando a forte tendência de alteração na localização dos principais polos produtores de grãos no país nesse período, com destaque para o crescimento no CO. Por fim, é importante destacar o potencial de utilização das imagens de satélite para mapear e monitorar as mudanças de uso e cobertura da terra e a alta dinâmica agrícola brasileira. Por permitir o recobrimento de grandes áreas de forma sistemática, com repetitividade e custo baixo, o sensoriamento remoto se mostra adequado para essa finalidade.

Referências Bibliográficas

- Abreu, K. O porquê de nossa empreitada à frente do Mapa. **Revista de Política Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 3-4, 2015.
- Dias, L. C. P.; Pimenta, F. M.; Santos, A. B.; Costa, M. H.; Ladle, R. J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. **Global Change Biology**, v. 22, n. 7, p 1-16, 2016.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 16 mar. 2016.
- Luiz, A. J. B.; Quirino, T. R. Acesso à tecnologia e à informação. **Agroanalysis**, v. 24, n. 12, p. 47-48, 2004.