

Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 a 2012

Marcos Adami¹
Alessandra Rodrigues Gomes¹
Alexandre Camargo Coutinho²
Júlio César Dalla Mora Esquerdo²
Adriano Venturieri³

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. Perimetral, 2651- CEP 66077-830, Belém - PA Brasil
{marcos.adami, alessandra.gomes}@inpe.br

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa/CNPTIA
Caixa Postal: 6041 CEP: 13083-886 - Campinas - SP, Brasil
{julio.esquerdo, alex.coutinho}@embrapa.br

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa/CPTU
Caixa Postal: 48 CEP 66095-100 - Belém, PA - Brasil
adriano.venturieri@embrapa.br

Abstract. The TerraClass project has been mapping land use land cover changes in the Brazilian Amazon since 2008. This paper aims to present the main transitions of land use land cover changes in the State of Pará. The classes with higher frequency of occurrence in 2012 were: pasture and secondary vegetation that occupy 54% and 25% of the area respectively. Regarding deforestation posterior to 2008, 55% became pasture (9,021 km²), 29% secondary vegetation (4,682 km²) and 0.4%, agriculture (69 km²). The expansion of agricultural area and secondary vegetation occurred primarily on pasture areas. Thus, this work supports the conclusion that on state of Para, pasture areas are advancing on over recent deforestation, while pasture itself is giving areas for agriculture and secondary vegetation.

Palavras-chave: Amazon, LULC, mapping, Amazônia, uso e cobertura, mapeamento.

1. Introdução

O uso e a cobertura da terra estão intrinsecamente relacionados com a troca de energia que ocorre entre a superfície e a atmosfera e por isto exercem influência tanto em escala local quanto regional e, ainda, podem atuar de maneira positiva ou negativa nos elementos que regulam o clima terrestre (Foley et al., 2005; Lambin et al., 2003). Neste sentido, os processos de mudança do uso e da cobertura da terra, além da perda de biodiversidade, alteram o albedo terrestre, a composição química da atmosfera e os ciclos biogeoquímicos, modificam o balanço energético e influenciam o clima e, por isso, fazem parte da agenda das pesquisas globais de meio ambiente (Foley et al., 2005; Lambin et al., 2003; Laurance et al., 2011; Verburg et al., 2009). Desta forma, um dos fatores mais impactantes é o desflorestamento.

A taxa de desflorestamento anual, entre os anos de 1990 e 1997, foi estimada em 6 milhões de hectares (Achard et al., 2002). No período entre 2000 e 2012, estimou-se que 32% da perda global de cobertura vegetal ocorrida provêm das florestas tropicais e desta perda, quase metade ocorreu na América do Sul (Hansen et al., 2013). Nesta região está localizada a Amazônia Legal Brasileira (AML), que tem 30% do total de florestas tropicais mundiais, sendo a maior floresta tropical contígua do planeta com vasta e heterogênea biodiversidade (Fearnside 2008; Foley et al., 2007). Devido à importância da Floresta Amazônica, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realiza o seu monitoramento por meio de diversos projetos, dos quais se destaca o Programa de Monitoramento do Desflorestamento na

Amazônia Legal (PRODES). O PRODES tem o objetivo de mapear e estimar a taxa de desflorestamento da floresta Amazônica (INPE, 2008). Entretanto, este projeto não indica qual o uso que está sendo dado às áreas desflorestadas não vindo de encontro com as questões relacionadas à mudança de uso e da cobertura da Terra.

Para responder a esta questão, foi realizado um projeto de parceria entre o INPE, que possui *expertise* em vegetação secundária, e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), especializada em pastagem e agricultura. Este projeto já efetuou dois mapeamentos do uso e ocupação da Terra nas áreas desflorestadas acumulado até 2008 (Coutinho et al., 2013) e acumulados até 2010 (INPE e EMBRAPA, 2014). Nesta nova edição foram mapeados todos os desflorestamentos PRODES até o ano de 2012. Assim, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar as dinâmicas de transições de uso e ocupação da Terra, deste mapeamento para o Estado do Pará.

2. Metodologia

O Pará teve a sua ocupação aumentada na época da borracha, e consideravelmente a partir da década de 1950 devido aos incentivos fiscais, aos empreendimentos privados e aos investimentos do governo federal, bem como os projetos de construção de rodovias e de implantação de núcleos de colonização, o que direcionaram a pressão antrópica em regiões específicas do estado, principalmente com a implementação dos planos de desenvolvimento econômico, como o Programa para a Integração Nacional (PIN), na metade dos anos de 1970, para as regiões da transamazônica e BR-163, Programas de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (Polamazônia), na região leste da Amazônia Legal, principalmente voltados a criação de gado e o Programa de desenvolvimento regional “Grande Carajás”, extremamente ligado a produção mineral, o que via de regra causaram degradação ecológica e social (Kohlhepp, 2002). Com isto, entre as décadas de 1950 e 2010, a população aumentou mais de seis vezes, passando de 1,1 milhões para 7,6 milhões de habitantes. Atualmente a economia do estado do Pará tem como principais atividades o extrativismo vegetal e mineral, a agricultura, pecuária, a indústria e o turismo (IBGE, 2014), sobretudo em função aos programas de desenvolvimento implantados pelo Governo Federal à partir da década de 70. O Estado do Pará tem 70,1 % da sua área coberta com floresta, o desflorestamento em 2012 foi de 0,1% da sua área total e os desflorestamentos acumulados desde 1988 até 2011 representam 20,3% da área (Figura 1).

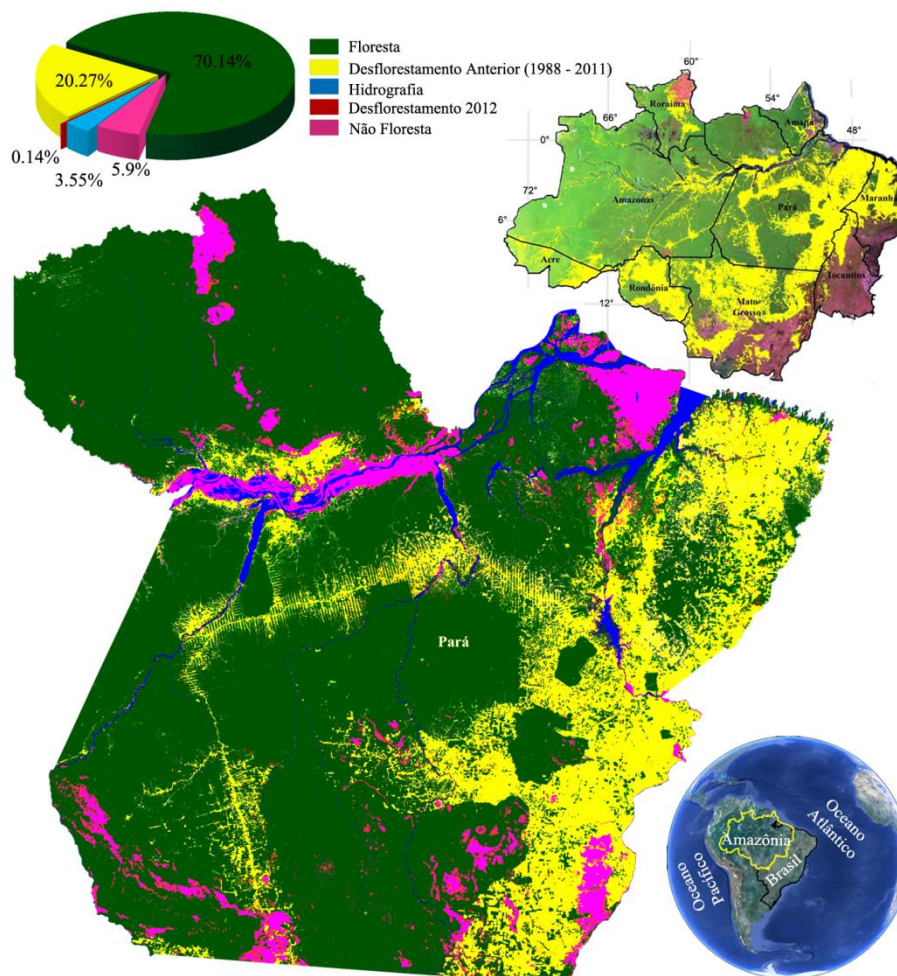


Figura 1. Localização da área de estudo.

A metodologia aplicada para o mapeamento TerraClass contempla as seguintes classes temáticas: Agricultura Anual, Mosaico de Ocupações, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Regeneração com pasto, Pasto com Solo Exposto, Vegetação Secundária, Reflorestamento, Urbano, Outros, Mineração e Área Não Observada. A exceção do mapeamento da agricultura, todas as demais classes são mapeadas por meio de fotointerpretação. Desta maneira, o projeto pode ser dividido nas seguintes fases: i) mapeamento da classe Vegetação secundária; ii) mapeamento da classe Agricultura anual; e iii) mapeamento das demais classes de uso.

Na classe de vegetação secundária a área pertencente a esta classe do mapeamento anterior é sobreposta a imagem e o fotointerprete realiza as alterações, modificando o formato dos polígonos.

O mapeamento da classe Agricultura Anual foi conduzido a partir de um método automático baseado no comportamento espectro-temporal do Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada (NDVI), obtido do sensor MODIS. Foram adquiridas 23 composições de 16 dias do NDVI referentes ao estado do Pará, entre agosto de 2009 e julho de 2010. Para amenizar a influência de nuvens na análise temporal, conduziu-se previamente um processo de filtragem das imagens a partir do algoritmo *Harmonic Analysis of NDVI Time-Series* (HANTS), baseado em análise harmônica (Roerink et al., 2000).

O método de mapeamento adotado considerou os valores máximos e mínimos do NDVI que ocorreram ao longo da série temporal, partindo da premissa de que cada alvo possui um comportamento temporal característico. No caso das culturas agrícolas os índices de vegetação apresentam baixos valores no início do ciclo, quando a quantidade de fitomassa é escassa e a resposta espectral é influenciada pelo solo e, na medida em que a cultura se

desenvolve e produz fitomassa, os índices respondem com maiores valores, até alcançarem o pico vegetativo. Com o início da senescência, os valores dos índices decrescem, até alcançarem os mesmos patamares do início do cultivo. Considerando esse comportamento temporal típico das áreas agrícolas, o mapeamento dos *pixels* de agricultura foi realizado calculando-se a diferença entre os valores do NDVI nos momentos do pico vegetativo e do início da cultura, quando há maior distância entre eles. Também foi considerada a diferença considerando um segundo período de mínimos valores, no final da safra.

Os intervalos de diferença padrão entre os valores máximos e mínimos do NDVI que contemplasse a existência de áreas agrícolas foram estimados a partir de áreas conhecidas, identificadas a partir de imagens Landsat-5/TM. Após determinados os valores da diferença padrão, conduziu-se a classificação a partir de uma rotina desenvolvida em *Interactive Data Language* (IDL), gerando como resultado uma imagem binária com a localização dos pixels MODIS classificados como áreas de agricultura anual, denominada “máscara de agricultura MODIS”.

Após a obtenção da máscara de agricultura MODIS, utilizando os dados de série temporal de índice de vegetação MODIS, esta máscara é editada por meio de interpretação visual, utilizando como fundo as imagens Landsat TM. Desta maneira é integrada a escala temporal do MODIS com a escala espacial do Landsat.

Para apresentação da dinâmica de transição de uso e cobertura no estado do Pará entre os anos de 2008 e 2012, consideramos as classes agricultura anual e vegetação secundária cujas áreas foram obtidas diretamente do mapeamento. As classes Pasto com solo exposto, Pasto limpo, Pasto sujo e Regeneração com pasto foram agrupadas em uma única classe aqui denominada pastagem e todas as demais classes foram agrupadas em uma única classe denominada demais classes.

Neste agrupamento de classes foi realizado o balanço entre as alterações de uso e ocupações ocorridas entre 2008 e 2012 para verificar quais as classes cederam e quais as que ganharam área.

3. Resultados

Nesta terceira edição do projeto TerraClass, TerraClass 2012, foram mapeados 252.893 km², o que corresponde ao total de área desflorestada mapeada pelo PRODES desde o ano 1988 até 2012 para o estado do Pará. A área mapeada em 2012 teve um incremento de 16,3 mil km² quando comparada com a área mapeada pelo TerraClass em 2008. Com relação aos desflorestamentos ocorridos após 2008, denominados desflorestamentos recentes, 55% tornaram-se pastagem (9.021 km²), 29% vegetação secundária (4.682 km²) e 0,4% agricultura (69 km²) como pode ser visualizado na Figura 2.

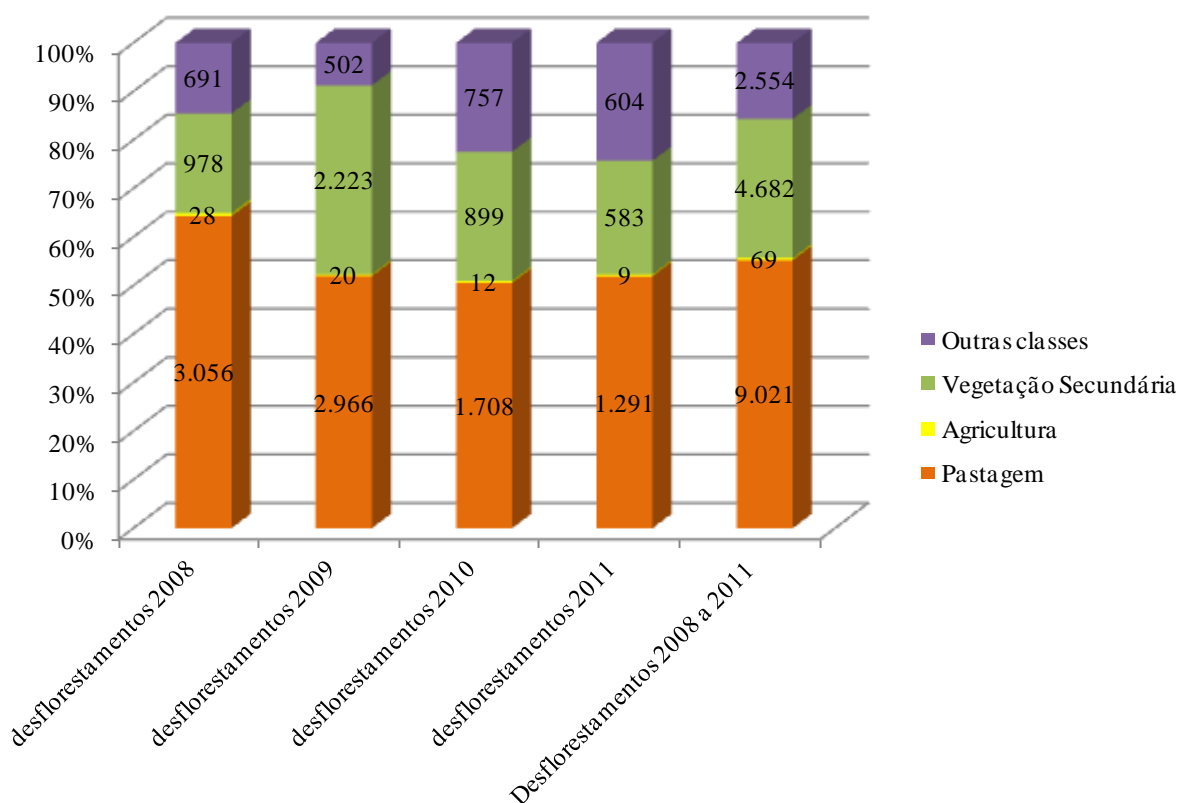


Figura 2. Área (km²) e percentual do uso e ocupação da terra em 2012, nos desflorestamentos ocorridos após 2008.

As classes com maior frequência de ocorrência no neste estado são: pastagem e vegetação secundária que ocupam 54% e 25% da área, respectivamente (Tabela 1). Proporcionalmente, a classe de agricultura anual passou de 2.100 km² para 3.187 km², representando um incremento da ordem de 51%. Acredita-se que a diferença de área agrícola entre 2010 e 2012 seja devido à ocorrência de nuvens, pois 403 km² mapeados com esta classe em 2010 foram mapeados como área não observada em 2012. Da mesma maneira que a agricultura, a área de mineração aumentou 64% a sua área, passando de 331 km² para 546 km². Com aumento de 5.536 km² (10%), a classe de vegetação secundária passou de 57.625 km² em 2008 para 63.162 km² em 2012.

Tabela 1. Área em (km²) e participação relativa das classes de uso e ocupação nos desflorestamentos acumulados mapeados pelo projeto TerraClass nos anos de 2008, 2010 e 2012.

Classes	Área (km ²)			Participação Relativa (%)		
	2008	2010	2012	2008	2010	2012
Agricultura anual	2.100,23	3.316,01	3.187,87	1%	1%	1%
Área não observada	17.369,68	16.402,61	41.100,64	7%	7%	16%
Área urbana	1.251,37	1.478,34	1.689,22	1%	1%	1%
Mineração	331,26	522,64	545,91	0%	0%	0%
Mosaico de ocupações	11.388,01	6.702,64	3.638,31	5%	3%	1%
Outros	134,17	776,02	1.242,94	0%	0%	0%
Pasto com solo exposto	243,94	38,59	8,38	0%	0%	0%
Pasto limpo	107.251,61	101.248,47	103.579,00	45%	41%	41%
Pasto sujo	22.662,05	20.419,88	21.464,00	10%	8%	8%
Reflorestamento	-	1.254,95	1.409,34	0%	1%	1%
Regeneração com pasto	16.209,24	28.957,58	11.865,53	7%	12%	5%
Vegetação secundária	57.625,38	65.911,26	63.162,29	24%	27%	25%
Total geral	236.566,93	247.028,98	252.893,45	100%	100%	100%

Em sentido oposto a agricultura, mineração e vegetação secundária, com pequena redução (6%) encontram-se a pastagem, cujo total de área foi reduzido de 146.367 km² para 136.917 km² (Tabela 1). Também com redução evidente de dois terços de sua área encontra-se a classe de mosaico de ocupações que tinha área de 11.388 km² em 2008 e atualmente tem área de 3.638 km². Entretanto, devido ao alto percentual de cobertura de nuvens que passou de 7% (17.369 km²) para 16% (41.100 km²) da área, pode reverter parte da perda de área da pastagem, supondo a aleatoriedade na ocorrência de nuvens. Ao analisar a matriz de transição (Tabela 2) entre os dados TerraClass 2008 e 2012 observa-se que 65% da área de agricultura (1.359 km²) permaneceu estável e que 98% do incremento, se deu sobre a classe de pastagem (1.157 km²). A agricultura apenas ficou deficitária em 73 km² com relação às áreas de vegetação secundária. Com relação a transição 2010 e 2012 observou-se que o percentual da área de agricultura que permaneceu inalterado aumentou para aproximadamente 80% e que a maioria da conversão de área de agricultura, 537 km² aconteceu para as demais classes, dos quais 75% foi destinado a área não observada.

Tabela 2. Matriz de transição entre os mapas dos anos de 2008 e 2012, e dos anos 2010 e 2012, com áreas em km².

Classes		2012				
		Agricultura	Pastagem	Vegetação Secundária	Demais Classes	Total
2008	Agricultura	1.359	160	275	306	2.100
	Pastagem	1.157	111.354	13.744	20.112	146.367
	Desflorestamentos 2008 a 2011	69	9.021	4.682	2.554	16.326
	Vegetação Secundária	202	8.681	36.955	11.787	57.625
	Demais Classes	402	7.699	7.505	14.868	30.474
Total		3.188	136.917	63.162	49.626	
2010	Agricultura	2.619	160	-	537	3.316
	Pastagem	270	100.492	12.801	9.399	122.962
	Vegetação Secundária	81	16.607	43.751	5.472	65.911
	Demais Classes	218	19.658	6.611	34.218	60.704
	Total	3.188	136.917	63.162	49.626	

Cerca de 75% da área de pastagem permaneceu estável, porém este uso foi o que mais cedeu área para as demais classes. Aproximadamente 10% da área de pastagem em 2008 (18.471 km²) foram convertidos de para alguma outra classe. Ao analisar mais

detalhadamente a transição da classe de pastagem, verificou-se que dos 90% da área de pastagem de 2008 convertidas para demais classes (20.112 km²) em 2012 foram devido à cobertura de nuvens e suas sombras (17.664 km²). Esta perda de área da pastagem (18.471 km²) foi amenizada pelo ingresso da área de desflorestamentos posteriores a 2008, que correspondeu a quase metade desse valor. Ao analisarmos a transição da pastagem entre 2010 e 2012 observamos que continua deficitária, cedendo área para agricultura e vegetação secundária (Tabela 2).

A classe vegetação secundária quando analisada a transição entre 2008 e 2012 teve aproximadamente 60% de sua área (36.955 km²) sem alteração, de tal maneira que podemos afirmar que essa área possui no mínimo 5 anos. Com relação à transição entre 2010 e 2012, 70% da área de vegetação secundária (43.751 km²) não sofreu alteração. Ao compararmos a área estável de 2008 com a de 2010, observamos um aumento de 6.796 km², o que permite inferir que esta área tem uma idade variando entre dois e quatro anos (Tabela 2).

Ao analisar as matrizes de transição 2008 a 2012 e 2010 a 2012, contabilizando os ganhos e perdas de cada classe, levando-se-se em conta os desflorestamentos posteriores a 2008 e descontada a área das demais classes (pois em sua grande maioria refere-se a nuvens e suas sombras) pode-se criar um diagrama de transição de usos para o estado do Pará. Observa-se que 66% da área dos desflorestamentos posteriores a 2008 foram convertidos para pastagem e 34% foi convertido para vegetação secundária. Após a conversão para a pastagem, 0,7% da área desta classe (pastagem) foi convertida para a agricultura e 3% da área de pastagem foi convertida para a classe de vegetação secundária. Ainda foi possível observar que as áreas de agricultura praticamente não são convertidas em vegetação secundária, o que indica a consolidação deste tipo de uso.

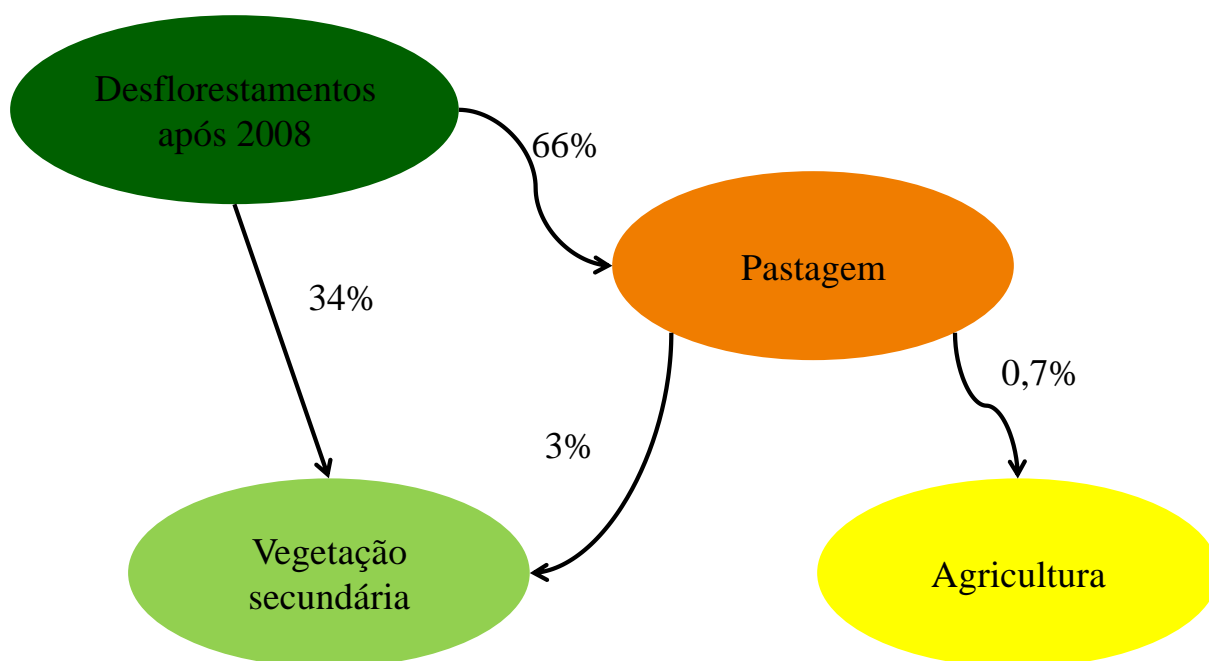


Figura 3. Diagrama de transição de usos para o estado do Pará.

4. Conclusões

Com base nos resultados pode-se concluir que os desflorestamentos recentes, 55% tornaram-se pastagem, 29% vegetação secundária e 0,4% agricultura. Do total de incremento da área de agricultura e da vegetação secundária, 98% e 85%, respectivamente, foi originário da classe de pastagem. Com isto pode-se concluir que a pastagem está avançando sobre os desflorestamentos recentes e cedendo área para agricultura e vegetação secundária em menor proporção. Esta análise comprovou que a dinâmica do uso e cobertura está baseado na

consolidação da agricultura e a pecuária extensiva como uma das variáveis na matriz econômica do estado.

5. Referências

- Achard, F., Eva, H. D., Stibig, H.-J., Mayaux, P., Gallego, J., Richards, T., Malingreau, J.-P.. Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forests. **Science**, v. 297 n. 5583, p. 999-1002, 2002.
- Coutinho, A. C., Almeida, C., Venturieri, A., Esquerdo, J. C. D. M., & Silva, M.. **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal TerraClass 2008**. Embrapa, Brasília, 108 pp. 2013.
- Fearnside, P. M.. The Roles and Movements of Actors in the Deforestation of Brazilian Amazonia. **Ecology and Society**, v. 13, n. 1, 2008.
- Foley, J. A., Asner, G. P., Costa, M. H., Coe, M. T., DeFries, R., Gibbs, H. K., Howard, E. A., Olson, S., Patz, J., Ramankutty, N., Snyder, P.. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007.
- Foley, J. A., Defries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., Snyder, P. K.. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, p. 570-574, 2005.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., Townshend, J. R. G.. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>, acesso em 20 de setembro de 2014
- INPE.. **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites - sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e QUEIMADAS 2007-2008**. INPE, São José dos Campos. 47 pp., 2008.
- INPE e EMBRAPA.. **TerraClass Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia**. disponível em <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php> acesso em 15 de outubro de 2014.
- Kohlhepp, G.. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 45, p. 37-61, 2002.
- Lambin, E. F., Geist, H. J., Lepers, E.. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, n. 1, p. 205-241, 2003.
- Laurance, W. F., Camargo, J. L. C., Luizão, R. C. C., Laurance, S. G., Pimm, S. L., Bruna, E. M., Stouffer, P. C., Williamson, B., Benítez-Malvido, J., Vasconcelos, H. L., Houtan, K. S. V., Zartman, C. E., Boyle, S. A., Didham, R. K., Andrade, A., Lovejoy, T. E.. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. **Biological Conservation**, v. 144, p. 56-67, 2011.
- Roerink, G. J., Menenti, M., & Verhoef, W.. Reconstructing cloud free NDVI composites using Fourier analysis of time series. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 9, p.1911-1917, 2000.
- Verburg, P. H., van de Steeg, J., Veldkamp, A., & Willemsen, L.. From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 3, p. 1327-1335, 2009.