



Parâmetros para estimativa de emissões decorrentes de mudança de uso da terra para inventários de ciclo de vida de produtos agropecuários

Renan Milagres L. Novaes^{1*}, Ricardo Antônio A. Pazianotto¹, Alfredo José B. Luiz¹, André May², Danilo F. Bento¹, Fernando Rodrigues T. Dias³, Marília Ieda da S. Folegatti Matsuura¹

¹Embrapa Meio Ambiente,

²Embrapa Milho e Sorgo

³Embrapa Pantanal

*renan.milagres@embrapa.br

Resumo. Emissões decorrentes da mudança de uso da terra (MUT) relacionada à atividade agropecuária podem ter efeitos significativos em estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) de seus produtos. No entanto, entre as diversas metodologias e estimativas existentes para o Brasil, não foram encontrados até o momento dados de emissões detalhados no nível subnacional e para o período de 20 anos para muitos dos principais produtos brasileiros. Este trabalho teve como objetivo a definição e validação de fontes de dados e suas formas de tratamento para subsidiar a construção de um método que possa preencher essa lacuna. Ao fim, esse método poderá permitir a estimativa de emissões de CO₂ derivadas de MUT, para os principais produtos brasileiros, em nível estadual e para o referido período, para utilização em ICV e ACV de produtos agropecuários. As definições e validações foram feitas através de revisão bibliográfica e consulta a 26 especialistas. Os usos da terra e produtos focados foram: lavouras temporárias, lavouras permanentes, cana-de-açúcar (considerada como semi-perene), silvicultura e pastagens plantadas. As principais dificuldades encontradas para a definição dos parâmetros foram: a carência de dados de uso da terra em séries temporais contínuas e abrangendo o período de 20 anos; a carência de dados discriminados por estado; a complexidade para tratamento e conciliação de dados com origem em diferentes bases, para estabelecimento dos usos da terra concorrentes entre si, e para a determinação, em escala comparável, das categorias de clima, solo e vegetação para cada estado; e a necessidade de estabelecimento de um modelo único para produtos e culturas com diferentes características. Foi possível a definição de todos os parâmetros relatados de forma que estivessem em concordância com premissas das orientações do IPCC e de publicações especializadas em ACV de produtos agropecuários.

Palavras-chave. MUT, soja, cana, milho, pecuária, dinâmica agrícola.

Introdução

Mudança de uso da terra (MUT) pode ser definida como a mudança no propósito para o qual a terra é utilizada pelo homem (por exemplo, entre uso agrícola e pastagens ou florestas e uso industrial; BSI, 2011). A expansão da área utilizada para fins agropecuários pode levar ao sequestro ou emissão de gases de efeito estufa (GEE) devido a alterações no estoque de carbono da biomassa e da matéria orgânica do solo. A dimensão dessas alterações pode ser grande e emissões decorrentes de MUT relacionada à atividade agropecuária podem ter efeitos significativos em resultados de avaliação de ciclo de vida (ACV) de seus produtos (CASTANHEIRA e FREIRE, 2013). Devido à grande dimensão e heterogeneidade do território brasileiro, estimativas de emissões de GEE regionalizadas e aplicáveis à diversidade de produtos agropecuários brasileiros são necessárias para subsidiar a crescente demanda por desenvolvimento de inventários de ciclo de vida (ICV) regionalizados e específicos para estes produtos. Não há ainda uma metodologia consensual para estas estimativas (PONSIOEN e BLONK, 2012), mas orientações do IPCC (2006) e BSI (2011) têm sido comumente utilizadas. Entre essas, estão um período de amortização de 20 anos e o desejável refinamento espacial de parâmetros e estimativas. Diversos estudos focados na avaliação de emissões de GEE derivadas de MUT estão disponíveis, no entanto usualmente baseiam-se em parâmetros e reportam emissões apenas em nível nacional (p.ex.: PONSIOEN e BLONK, 2012; NEMECEK *et al.*, 2014) ou de forma recortada no tempo e no espaço (p.ex.: ADAMI *et al.*,



2012; MORTON *et al.*, 2012). Não foram encontrados resultados ou abordagens que possibilitem estas estimativas em nível subnacional, para o período de 20 anos e aplicável à gama de produtos agropecuários brasileiros. O objetivo deste trabalho foi a definição e validação de fontes de dados e seus tratamentos para contribuir para suprir essa lacuna, mais especificamente de dados de evolução da área de uso agropecuário da terra e da ocorrência dos diferentes tipos de clima, solo e vegetação, ambos no nível detalhado acima. Os resultados deste trabalho serão usados como métodos para outro estudo, que trata de um modelo de estimativas de emissões de CO₂ decorrentes de MUT relacionada a atividades agropecuárias. Este último vem sendo conduzido na Embrapa Meio Ambiente, mas ainda em fase de desenvolvimento e está além do escopo desse artigo.

Métodos

Para a obtenção das fontes de dados e seu tratamento adequado, foi feita uma extensa revisão da literatura e de bancos de dados nacionais e internacionais e consulta a 26 especialistas em pesquisa e desenvolvimento de diferentes áreas do setor agropecuário. Buscou-se dados de cinco tipos de uso da terra: lavouras temporárias, lavouras permanentes (ambas discriminadas por tipo de lavoura), cana-de-açúcar (considerada como uma lavoura semi-perene), pastagens e silvicultura. O intervalo de 20 anos considerado foi de 1994 (T0) a 2013 (T1) e o nível subnacional adotado foi o nível estadual, ambos devidos à disponibilidade de dados. Compilação, comparações exploratórias e validação das diferentes fontes de dados e seus tratamentos foram feitas para a definição das que melhor representariam a realidade e atenderiam ao objetivo proposto. As possibilidades de tratamentos dos dados foram discutidas e validadas com base em consulta aos especialistas.

Resultados

A maior dificuldade enfrentada foi a obtenção de dados estatísticos de uso agropecuário do solo em nível estadual, discriminados por tipo de lavoura e para pastagens e silvicultura e disponíveis para o intervalo de 20 anos selecionado. A maioria dos estudos sobre produtos brasileiros se baseia na base de dados da FAO (faostat3.fao.org) que atende apenas às duas últimas premissas. Além disso, buscou-se dados que fossem disponibilizados de forma regular e pública e que não fossem superpostos um ao outro. As fontes de dados selecionadas estão detalhadas na Tabela 1, com um resumo sobre seu tratamento.

Tabela 1: Fontes de dados de uso da terra selecionadas e resumo sobre tratamentos realizados

Uso da terra	Fonte de dados utilizadas	Resumos de tratamentos realizados
Lavouras temporárias	PAM/IBGE e Séries Históricas CONAB	Separação das lavouras entre verão e inverno e entre primeira e segunda safra; combinação de dados da CONAB e IBGE para cálculo da segunda safra de milho e feijão; extrapolação da média da área de segunda safra do IBGE para amendoim e batata para os anos de 1993 a 1995.
Lavouras permanentes Cana-de-açúcar	PAM/IBGE PAM/IBGE	Eliminação da dupla contagem de café Nenhum tratamento
Pastagens plantadas	Censo e PPM/IBGE	Combinação dos dados para extrapolação da área de pastagens do tempo T1
Silvicultura	Censo/IBGE e Anuários IBÁ	Combinação dos dados das diferentes fontes para obtenção dos tempos T0 e T1

Os dados de área ocupada por 31 lavouras temporárias e 33 permanentes foram extraídos da pesquisa “Produção Agrícola Mensal” (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE; disponível em

sidra.ibge.gov.br), onde já estão discriminadas por lavoura e por estado. Os valores de área estimados para o Brasil estão detalhados na Tabela 2. Os seguintes tratamentos foram definidos para adequar os dados para a necessidade do método. Definiu-se que para lavouras temporárias serão utilizados os dados de “Área colhida” e para lavouras permanentes os de “Área destinada a colheita”, por serem os dados que melhor refletem a ocupação da terra pelas lavouras. Os dados disponíveis de “Área plantada” são menos adequados pois referem-se apenas às lavouras semeadas ou plantadas naquele ano e deixa de contabilizar por exemplo a área ocupada por cana-de-açúcar nos anos de soca. Já no caso de lavouras permanentes, os dados de “Área colhida” são menos adequados pois deixam de contabilizar as áreas ocupadas por fruteiras que não frutificaram aquele ano.

Mesmo com esses cuidados, a área total ocupada por lavouras provavelmente é um pouco maior que área contabilizada, pois cultivos não destinados à colheita ou não colhidos em certo ano podem não ser contabilizados. Para minimizar esse efeito e as flutuações anuais no perfil produtivo, o próximo tratamento definido foi a obtenção de dados de área através das médias dos três anos que envolvem o tempo desejado. Portanto, para obtenção dos dados para o tempo zero (T0 = 1994) e um (T1 = 2013), foram usadas as médias dos anos 1993 a 1995 e 2012 a 2014, respectivamente. A seleção dos anos de T0 e T1 foram definidas em função do ano mais recente com dados disponíveis ser 2014. Apenas duas lavouras não possuem dados para todo o período e tiveram o seguinte tratamento. Para o girassol, cujos dados estão disponíveis apenas a partir de 2005, considerou-se que apresentava área colhida nula no tempo T0. Para o palmito, estão disponíveis dados a partir de 1994 e para a obtenção da área do tempo T0 utilizou-se a média dos anos 1994 e 1995. Além disso, para o café, os dados considerados foram apenas aqueles referentes a ‘Café (em grão) Total’, excluindo-se os dados discriminados por espécie.

Tabela 2: Área estimada para os usos da terra agropecuários para os tempos T0, T1 e a diferença entre eles para o Brasil, após tratamentos dos dados brutos

Uso da terra	Área estimada para o Brasil (mil ha)		
	T0 (1994)	T1 (2013)	T1 – T0
Cana-de-açúcar	4.256	10.112	5.856
Lavouras temporárias de primeira safra	32.250	40.684	8.434
Lavouras temporárias de inverno, segunda e terceira safras	7.152	14.636	7.483
Lavouras permanentes	6.068	6.017	-51
Pastagens plantadas	99.652	106.111	6.459
Silvicultura	5.396	7.001	1.770
Total uso da terra*	147.622	169.925	22.468

* (não inclui área em segunda ou terceiras safras; para detalhes ver ‘Resultados’)



Outro tratamento necessário foi a separação das lavouras temporárias entre aquelas tipicamente cultivadas na safra de verão ou primeira safra (meses de setembro a março) e aquelas cultivadas na safra de inverno, período seco ou na forma de segunda ou terceira safras (meses de abril a agosto). Essa separação foi necessária para evitar a dupla contagem de área física ocupada por lavouras temporárias. O exemplo a seguir ilustra a questão: se em uma área de 100 ha temos o cultivo de soja em primeira safra e milho como segunda safra, no IBGE teríamos 100 ha colhidos de soja e 100 ha colhidos de milho, totalizando 200 ha colhidos em uma área territorial de 100 ha. Nesse caso, portanto, o uso da terra “Lavouras temporárias” ocupa efetivamente apenas 100 ha e a consideração de ambas as áreas colhidas levaria a uma dupla contagem e super estimativa da área efetivamente ocupada por esse uso da terra. Para contornar esse problema, utilizamos apenas dados de área de lavouras de safra de verão ou primeira safra, por ser a maior das safras em área. Com isso, assumimos portanto como premissa que toda a área de segunda safra ou safra de inverno é cultivada na mesma área e subsequente ao cultivo da primeira safra.

O IBGE disponibiliza dados segregados por safras para as culturas de milho, feijão, amendoim e batata, mas apenas a partir de 2003 (sidra.ibge.gov.br). Para estimativa das áreas ocupadas em segunda safra por estas lavouras no período de 1993 a 1995 dois procedimentos foram adotados. Para amendoim e batata, verificou-se que a representatividade de cada safra na área total desde 2003 variou relativamente pouco ao longo dos anos. Tendo em vista a área relativamente pequena ocupada pelas duas culturas, para estimativa da área no tempo T0, foi calculada a média de participação das diferentes safras e multiplicamos pelos dados de área total de amendoim e batata que estão disponíveis para o T0. As médias de participação das segundas safras foram: 78% para o amendoim e 50% para a batata.

Com relação a milho e feijão, houve uma grande alteração nessa representatividade das safras, com gradual aumento da participação relativa da segunda safra na área total de ambas as culturas. Para estimar a área de segunda safra destas, recorremos aos dados de séries históricas disponibilizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (conab.gov.br). A Conab disponibiliza dados de área de segunda e terceira safras de milho e feijão desde 1976, porém adotam metodologia de pesquisa diferente do IBGE. Para evitar ao máximo a combinação de diferentes bases de dados, optamos por utilizar os dados da Conab apenas para calcular a representatividade de cada safra na área total para cada ano. As porcentagens assim obtidas foram então multiplicadas pelos valores de área total disponibilizados pelo IBGE para os anos de 1993 a 1995, resultando na estimativa usada para as áreas de primeira, segunda e terceira safra. Como os dados da Conab estão disponibilizados para o ano-safra, o ano civil considerado foi aquele da colheita, ou seja, a porcentagem obtida para o ano-safra 1992/1993 foi usada para o cálculo de áreas referentes ao ano civil de 1993 do IBGE.

Sete culturas foram consideradas como sendo completamente cultivadas na safra de inverno: trigo, aveia, centeio, cevada, triticale, sorgo e girassol. As cinco primeiras são culturas tipicamente de inverno (CONAB, 2015) e as duas últimas têm sido tipicamente plantadas em segunda safra (CAPONE *et al.*, 2012; MENEZES, 2015). Uma cultura, o algodão herbáceo, foi tratada diferentemente de acordo com a região do Brasil. No nordeste ele foi considerado como uma cultura de verão, enquanto no restante do Brasil, por ser predominantemente cultivado em segunda safra (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008), foi considerado como tal. Com esses tratamentos e considerações, obtivemos a área de lavouras temporárias de inverno ou em segunda e terceiras safras (Tabela 2).

Dada a grande dinâmica da agricultura brasileira e a grande variação regional, há situações que fogem a essas premissas, por exemplo, trigo irrigado, sorgo e algodão têm sido cultivados como primeira safra em algumas regiões do Brasil, assim como espécies que consideramos como apenas de primeira safra têm sido cultivadas em sistemas irrigados como segunda safra, como cebola, tomate e alho. No entanto, estes dados não estão disponíveis. Assumimos portanto que estas situações ocupam uma área muito pequena relativamente à área agrícola do Brasil e que estas simplificações refletem em grande grau a situação mais comum no Brasil.



Dados oficiais em nível de estado da área ocupada por pastagens plantadas e por espécies silvícolas no Brasil estão disponíveis apenas na pesquisa Censo Agropecuário do IBGE (disponível em sidra.ibge.gov.br). Os últimos Censos disponíveis se referem aos anos de 1995/1996 e 2006, portanto não cobrindo todo o período de 20 anos. Os especialistas consultados reafirmaram a carência de dados mais recentes para esses dois usos da terra comparáveis aos dados disponíveis para o tempo T0. Iniciativas de monitoramento do uso da terra estão em curso, porém a maioria cobre apenas os anos mais recentes e não estão disponíveis para todo o Brasil. Foi necessário portanto a combinação de diferentes fontes de dados para obter estimativas destas áreas para o tempo T1.

Para a estimativa da área de pastagens, além dos dados dos Censos, foram utilizados dados referentes ao rebanho bovino, disponibilizados pela Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) do IBGE (sidra.ibge.gov.br). Esta pesquisa está disponível para todos os anos de 1974 a 2014. Para o tempo T0, os dados de área de pastagens plantadas do Censo de 1995/1996 foram utilizados. Para T1, foi feita a seguinte extrapolação: o rebanho bovino da PPM de 2006 foi dividido pela área de pastagens plantadas do Censo de 2006 e obtida assim a lotação média em nível estadual. Com essa lotação e com os dados do rebanho de 2013, foi estimada a área de pastagens plantadas deste ano, assumindo portanto que a lotação não teria se alterado durante esse período. Essa abordagem foi composta e validada junto a especialistas da área e os resultados obtidos para Brasil estão detalhados na Tabela 2.

Para silvicultura, dados oficiais de produção de madeira estão disponíveis pela pesquisa do IBGE Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS). No entanto, por haver grande variação no espaçamento, produtividade e idade de corte, não é possível fazer uma correlação entre produção e área. Além disso, a ocupação da terra por silvicultura apresentou comportamentos distintos no período analisado: queda nos anos 80 e 90, e aumento de 2000 em diante, dificultando a extrapolação dos dados por tendência. Desta forma para a estimativa da área deste uso da terra foi necessário combinar os dados de duas fontes. Os dados de área de “Matas plantadas” do Censo de 1995/1996 foram usados como referentes ao tempo T0 e a média dos dados de área de *Eucalyptus* e *Pinus* para os anos de 2012 a 2014, disponíveis nos relatórios da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2014, 2015), para T1.

Além de serem diferentes bases de dados, duas outras implicações surgem dessa abordagem. A primeira deve-se ao fato de os anuários disponibilizarem dados apenas para os 15 maiores estados produtores. No entanto, como estes estados respondiam em 2014 por 99,7% da área plantada de *Eucalyptus* e *Pinus* (IBÁ, 2015), assumimos que a área plantada nos demais estados no T1 era igual àquela do T0. A segunda refere-se ao objeto de pesquisa em cada fonte. No Censo, a categoria “Matas plantadas” é definida como “áreas plantadas ou em preparo para o plantio de essências florestais (acácia-negra, eucalipto, pinheiro, etc.)” (ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995_1996/conceitos.shtm), enquanto os dados disponibilizados pela IBÁ em nível estadual para os anos de 2012 e 2013 são apenas para os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. De forma semelhante, como esses dois gêneros respondiam em 2014 por 92,4% da área plantada de espécies florestais (IBÁ, 2015) e como os demais gêneros tiveram pouca variação de área nos anos recentes (IBÁ, 2014), acreditamos que isso não interferirá significativamente nos resultados (Tabela 2).

Outro grupo de parâmetros necessários para a estimativa de emissões de CO₂ decorrentes de MUT está relacionado à ocorrência das diferentes classes de clima, vegetação e solo em cada estado. A estimativa da ocorrência dessas classes é necessária para o cálculo de estoques de carbono associados à biomassa vegetal e à matéria orgânica do solo de cada tipo de uso da terra. Foram usadas como fontes de dados aquelas recomendadas pela União Europeia (2010) para cálculo de estoques de carbono: os de clima e solo foram obtidos no portal do Joint Research Centre (esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/renewable-energy-directive) e os de vegetação no portal da Food and Agriculture Organization (fao.org/geonetwork/srv/en/main.home). Os critérios para a classificação climática estão de acordo com IPCC (2006), que leva em conta informações de temperatura, precipitação, evapotranspiração e altitude. A classificação de tipos de solos também segue a metodologia do IPCC (2006) e as definições do World Reference Base for Soil Resources (WRB). As classes de vegetação são

uma generalização da vegetação original do mundo em 20 classes. Os dados geoespaciais foram analisados no software ArcGis 10.3.3 e a área de ocorrência de cada classe foi calculada para cada estado. A Tabela 3 apresenta os dados consolidados para o Brasil e para dois estados como exemplo.

Tabela 3: Área estimada para ocorrência das categorias de clima e vegetação nativa do IPCC para o Brasil e em dois estados selecionados

Tipo de clima, vegetação e solo*		Ocorrência em porcentagem da área territorial (%)		
		Brasil	Mato Grosso	Ceará
Clima	Tropical seco	11,6	0,0	79,1
	Tropical semi-úmido	49,7	74,8	20,9
	Tropical úmido	34,9	25,2	0,0
	Tropical de altitude	1,0	0,0	0,0
	Temperado quente e úmido	2,8	0,0	0,0
Vegetação	Floresta tropical seca	9,9	0,0	98,4
	Floresta tropical úmida de folha caduca	33,3	49,9	1,6
	Floresta equatorial	49,5	50,1	0,0
	Sistemas de montanha tropical	2,0	0,0	0,0
Solos	Floresta subtropical úmida	5,3	0,0	0,0
	Solos com argila de alta atividade	17,6	7,5	60,1
	Solos com argila de baixa atividade	73,0	80,6	36,1
	Solos arenosos	4,2	7,3	3,8
	Solos espódicos	1,6	0,0	0,0
	Solos de zonas úmidas	3,2	4,6	0,0

* A terminologia para tipos de clima e vegetação foi retirada de União Europeia, 2010.

Devido à complexidade do tema, estudos de ACV de produtos agropecuários geralmente têm gasto considerável energia em estimativas de MUT e suas emissões (p.ex.: Maciel *et al.* 2015 e Esteves *et al.* 2016). Com essas definições foi possível gerar um conjunto de parâmetros que está servindo de base para o desenvolvimento de um método que permitirá a estimativa inédita para o Brasil de emissões de CO₂ decorrentes de MUT relacionada à atividade agropecuária em nível estadual, baseando-se apenas em estatísticas agrícolas e dados secundários. Este método está em etapa final de desenvolvimento e com a sua publicação será possível disponibilizar os dados completos de área dos diferentes usos da terra e de ocorrência das classes de clima, solo e vegetação para todos os estados Independentemente do método que está em desenvolvimento, espera-se que essas definições já possam facilitar a abordagem e tratamento de dados estatísticos agrícolas e o cálculo de emissões ou impactos derivados de MUT, tanto para estudos ligados a ACV quanto para estudos de dinâmica agrícola e uso da terra em geral.



Agradecimentos

Agradecemos aos colegas da Embrapa Aryéverton Fortes, Bruno Alves, Celso Manzatto, Davi Bungestab, Eduardo Assad, Fernando Paim, Geraldo Stachetti, José Mauro Moreira, Ladislau Skorupa, Lourival Vilela, Luis Barioni, Marcelo Morandi, Maria do Carmo Fasiaben, Miguel Gontijo Neto, Priscila de Oliveira, Sandra Furlan, Sandro Pereira e Urbano de Abreu, a Juliana Picoli (UNICAMP), Mateus Chagas e Otávio Cavallet (CTBE), Cássia Ugaya (UFTPR), Miguel Brandão (KTH), Nildo Tabosa (IPA), Victor Esteves (UFRJ) e Michelle Scachetti (USP) pelas contribuições e críticas sobre fontes e tratamento dos dados e parâmetros.

Referências Bibliográficas

- ADAMI, M., RUDORFF, B. F. T., FREITAS, R. M., AGUIAR, D. A., SUGAWARA, L. M., MELLO, M. P. (2012). Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. *Sustainability*, 4(4), 574-58
- BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. (Ed.). O agronegócio do algodão no Brasil. 2. Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 2v.
- BSI (2011) PAS 2050:2011 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution, London, UK.
- CASTANHEIRA, É. G., FREIRE, F. (2013). Greenhouse gas assessment of soybean production: implications of land use change and different cultivation systems. *Journal of Cleaner Production*, 54, 49-60.
- CAPONE, A., BARROS, H. B., SANTOS, E. R., FERRAZ, E. C., SANTOS, A. F., FIDÉLIS, R. R. (2012). Times of sowing sunflower 'off season', in succession to sunflower in the cerrado tocantinense. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*. V. 3, n. 2. Pp. 72-79.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Séries históricas. Disponível em www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&. Acesso em 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. (2015). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 2 - Safra 2014/15, n. 10 - Décimo levantamento, julho 2015. Brasília.
- ESTEVES, V. P., ESTEVES, E. M. M., BUNGESTAB, D. J., LOEBMANN, D. G. S. W., VICTORIA, D. C., VICENTE, L. E., ARAÚJO, O. Q. F., MORGADO, C. R. V. (2016). Land use change (LUC) analysis and life cycle assessment (LCA) of Brazilian soybean biodiesel. *Clean Technologies and Environmental Policy*, First online: 02 April 2016
- FAO. Global Ecological Zones (2nd edition). Disponível em fao.org/geonetwork/srv/en/main.home. Acesso em 2015.
- IBA (2014). Relatório Ibá 2014. Disponível em iba.org/pt/biblioteca-iba/publicacoes. Acesso em 2015.
- IBA (2015). Relatório Ibá 2015. Disponível em iba.org/pt/biblioteca-iba/publicacoes. Acesso em 2015.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em 2016.
- IPCC. (2006) 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- JRC. Climatic Zones and Soil Types maps. Disponível em eu-soils.jrc.ec.europa.eu/projects/RenewableEnergy/. Acesso em 2015.
- MACEDO, M. N., DEFRIES, R. S., MORTON, D. C., STICKLER, C. M., GALFORD, G. L., Y. E. (2012). Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(4), 1341-1346.
- MACIEL, V. G., ZORTEA, R. B., da SILVA, W. M., CYBIS, L. F. A., EINLOFT, S., SEFERIN, M. (2015). Life Cycle Inventory for the agricultural stages of soybean production in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 93, 65-74.
- MENEZES, C. B. de (Ed.). (2015). Sorgo granífero: estenda sua safrinha com segurança. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 65 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 176)
- NEMECEK, T., SCHNETZER, J., REINHARD, J. (2014). Updated and harmonised greenhouse gas emissions for crop inventories. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1-18.
- PONSIOEN, T. C., BLONK, T. J. (2012). Calculating land use change in carbon footprints of agricultural products as an impact of current land use. *Journal of Cleaner Production*, 28, 120-126.
- UNIÃO EUROPEIA (2010) Directrices para o cálculo das reservas de carbono nos solos para efeitos do anexo V da Directiva 2009/28/CE. *Jornal Oficial da União Europeia (PT) de 17.6.2010*. 21-41.